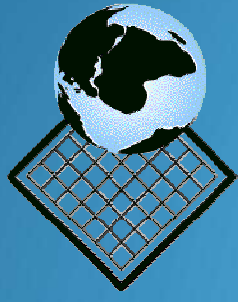
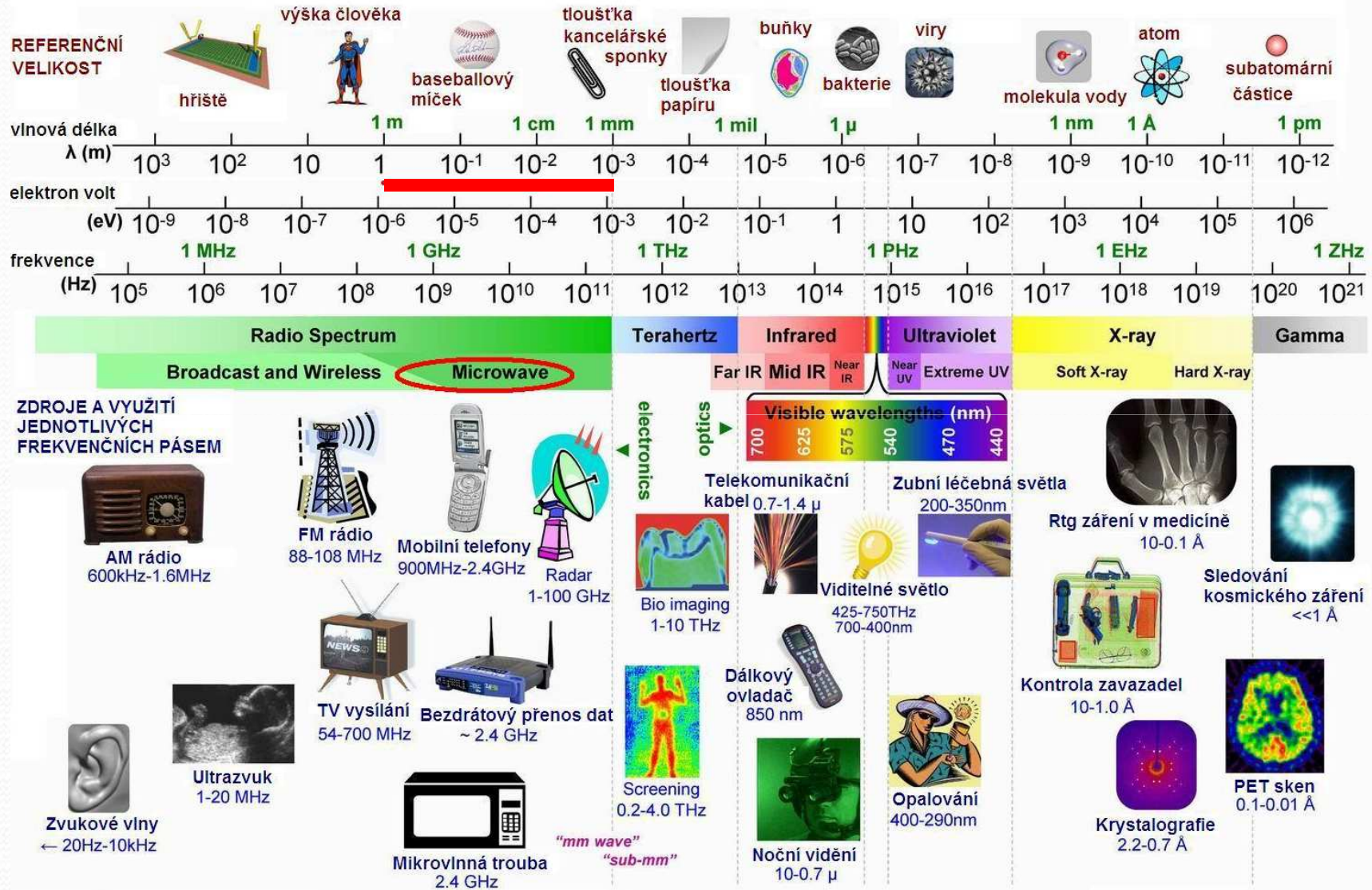


Dálkový průzkum země v mikrovlnné části spektra I

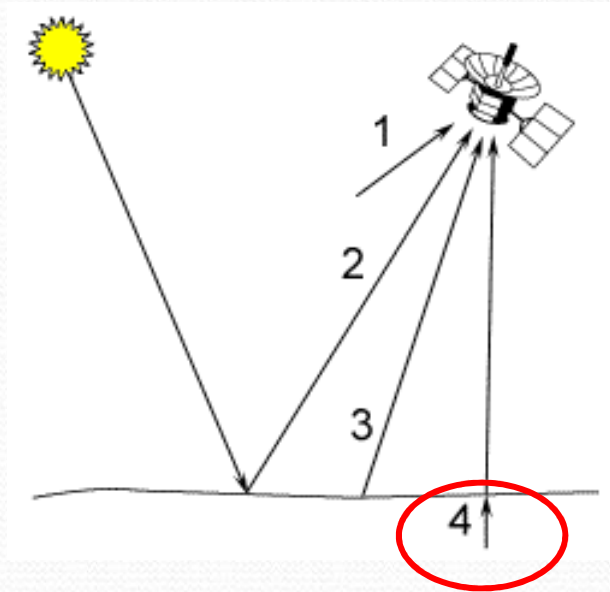


Fyzikální podstata



Základní způsoby snímání mikrovlnné části spektra

- **Pasivní metody (mikrovlnný radiometr)**
- **Aktivní metody (RADAR)**
- **Z družic, letadel i pozemních přístrojů**



Charakteristika mikrovlnného záření

- **Mikrovlnné záření je schopné se šířit atmosférou téměř za jakýchkoliv podmínek (déšť, sněžení, oblaka, zákal, dým, tma)**
- **Může procházet i do určité hloubky v sedimentech (využití v geologii, georadar...)**
- **Odrazové a vyzařovací schopnosti objektů na zemském povrchu jsou v oblasti mikrovln odlišné od těchto charakteristik v optické části spektra.**
- **Odrazové vlastnosti povrchů jsou formovány především drsností a vodním obsahem.**
- **Odrazové vlastnosti povrchů ovlivňují jejich dielektrické vlastnosti.**

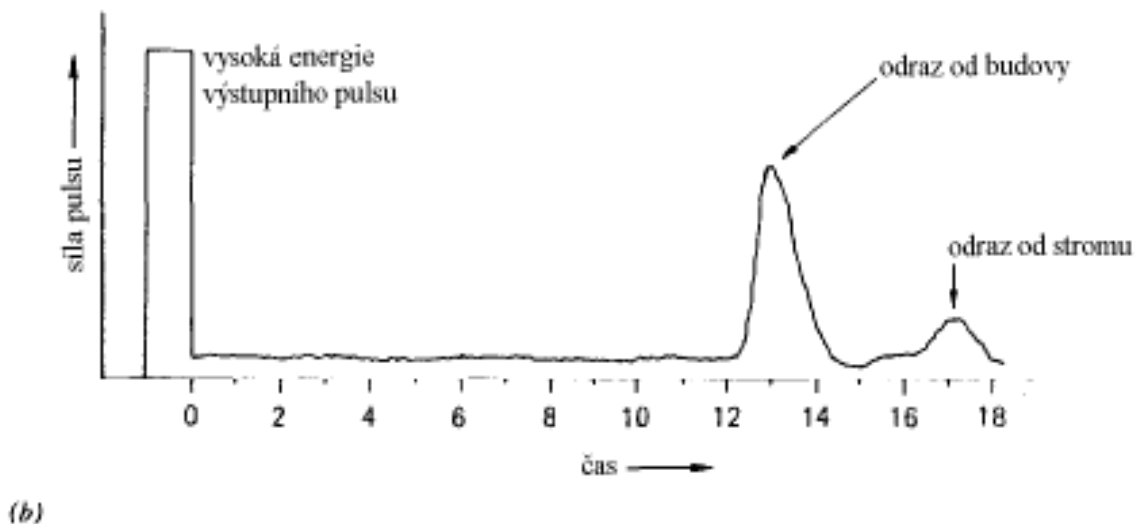
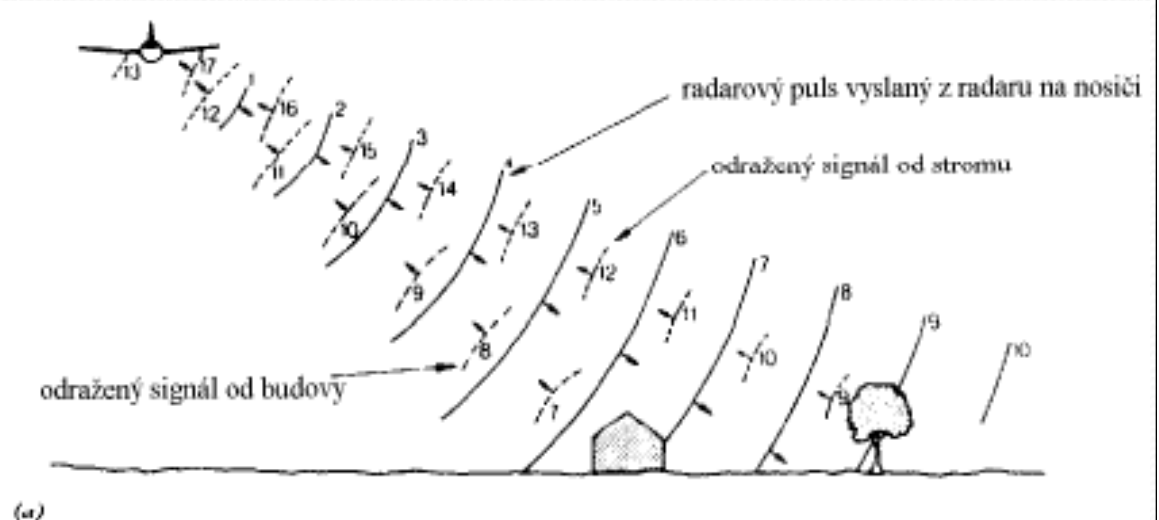
Radarový vs. optický DPZ

- | | |
|--|---|
| 1. operuje v noci i ve dne | 1. operuje pouze ve dne (VIS) |
| 2. neomezen oblačností ani srážkami (většinou) | 2. omezení počasím (oblačnost, déšť) |
| 3. zanedbatelný vliv atmosféry | 3. velký vliv atmosféry (nutné korekce při porovnávání časové řady) |
| 4. citlivý na obsah vody | 4. citlivost na chemické složky (chlorofyl, půda...) |
| 5. citlivý na drsnost povrchu | 5. nízká citlivost na drsnost povrchu |
| 6. struktura povrchu (polarimetrie) | 6. nemožnost využít polarimetrii |
| 7. přesné měření vzdálenosti | 7. neměří vzdálenosti |
| 8. proniká pod povrch | 8. neproniká pod povrch |
| 9. náročnější interpretace | |
| 10. rozdílné geometrické zkreslení | |
| 11. zašumění - speckle | |

Princip radaru

Radio Detection and Ranging (zaznamenávání přítomnosti a polohy objektů)

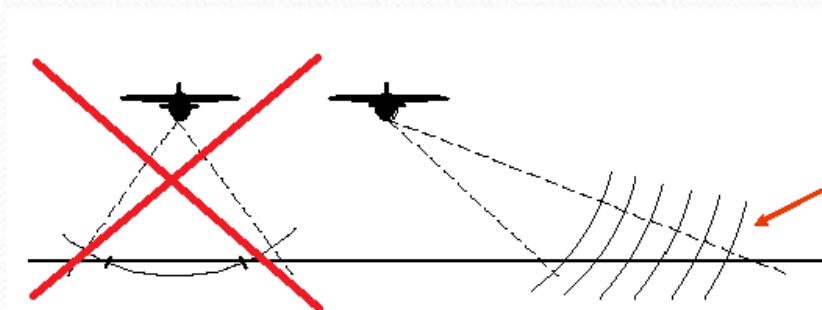
- signál ve formě krátkých pulsů (μs)
- signál je vyslán, prochází a reaguje s prostředím, část se odrazí zpět
- signál zaznamenán anténou (intenzita, čas a fáze vlnění)
- jevy blíže odrážejí dřív



Typy radaru

- **RADAR nezobrazující**
 - **Dopplerův RADAR (měření rychlosti, princip měnící se frekvence v závislosti na rychlosti)**
 - **PPI RADAR (meteorologický, letecký, vojenský)**
- **RADAR zobrazující**
 - **Radar s reálnou aperturou - SLAR (Side Looking Airborne RADAR) (většinou letadlo, starší typ)**
 - **Radar se syntetickou aperturou - SAR (Synthetic Aperture RADAR) (na družicích, novější typ)**

boční radar



Nevojenské využití RADARu

Princip znám už od počátku století (vojenské utajování)

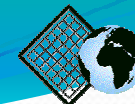
1967 - provincie Darien (Panama)

1971- Venezuela

1971-1976 - RADAM (Radar for the Amazon),

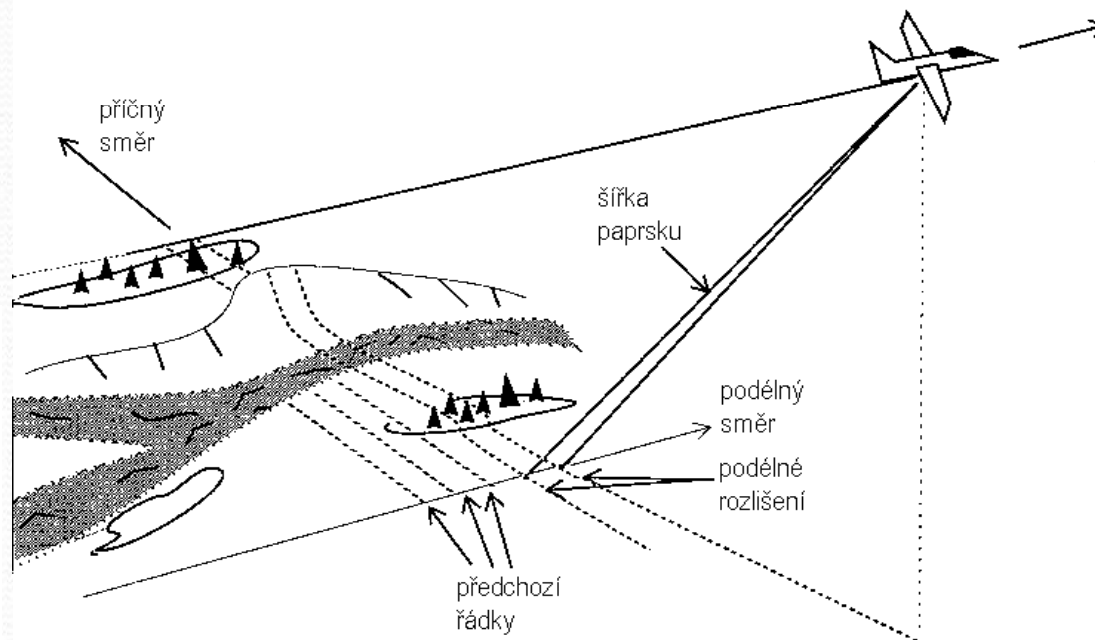
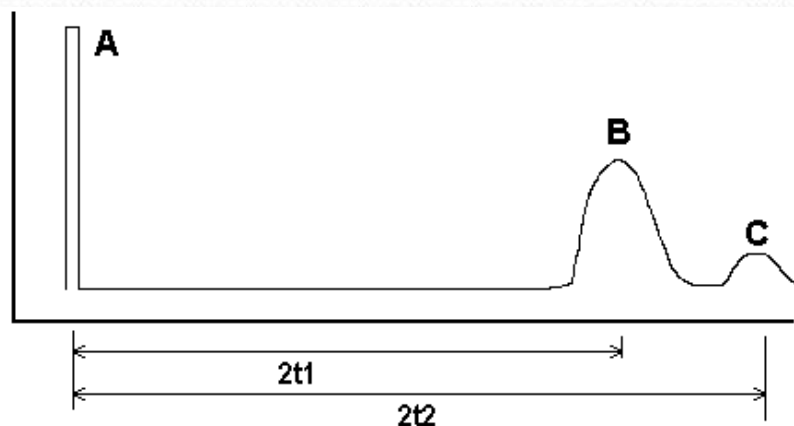
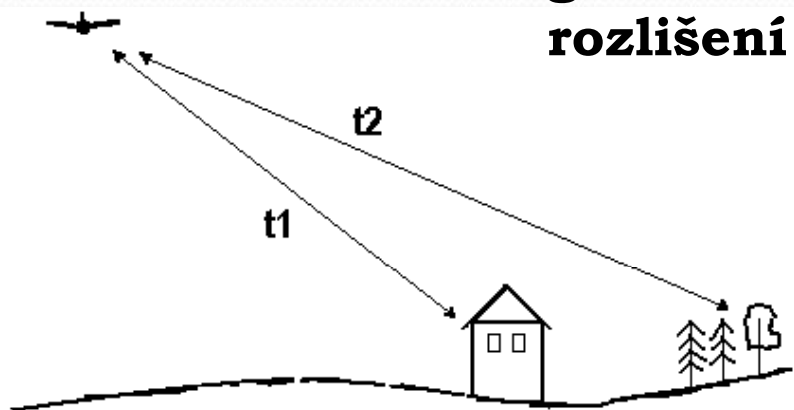
Radarových snímků vytvořených z letadel bylo použito k analýze geologických poměrů, k inventarizaci lesní dřevní hmoty, lokalizaci komunikací, vyhledávání minerálů, mapování sopečných tvarů a toků velkých řek.

Boční radar - SLAR

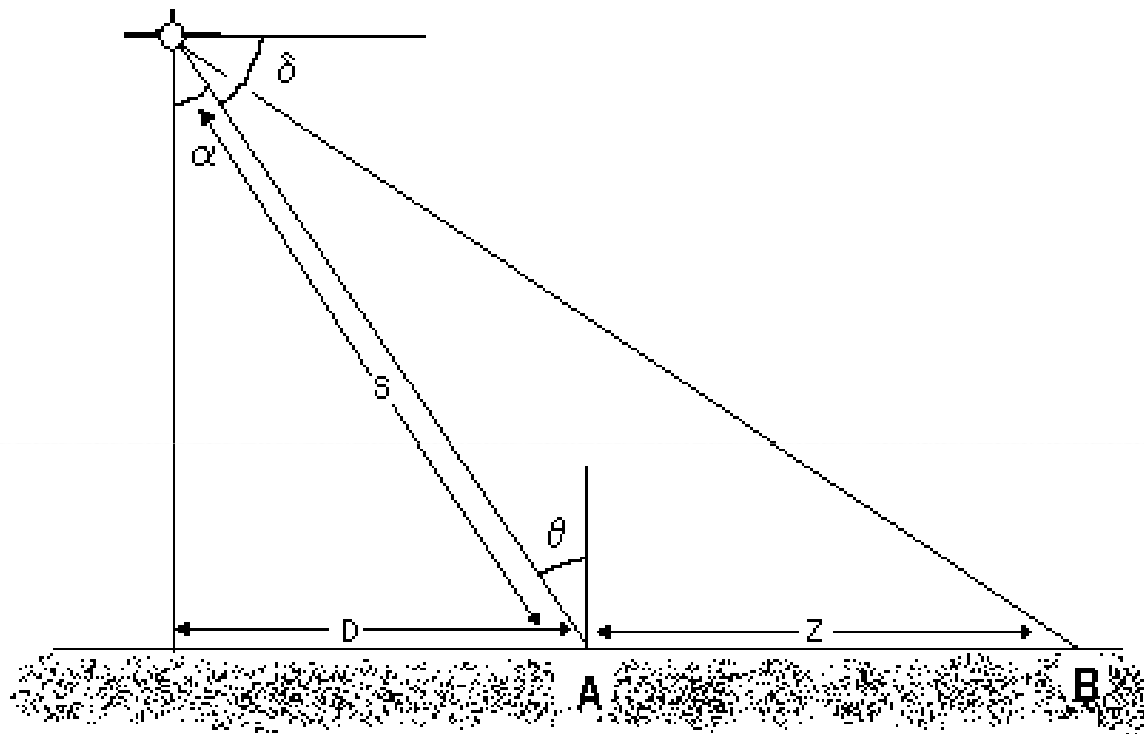


$$D_s = \frac{c \cdot t}{2}$$

nosič letí konstantní rychlostí, zaznamenává intenzitu odrazu z úzkého pruhu území (řádku) – kolmo na směr letu, specifické geometrické vlastnosti, dvojí prostorové rozlišení – příčné, podélné



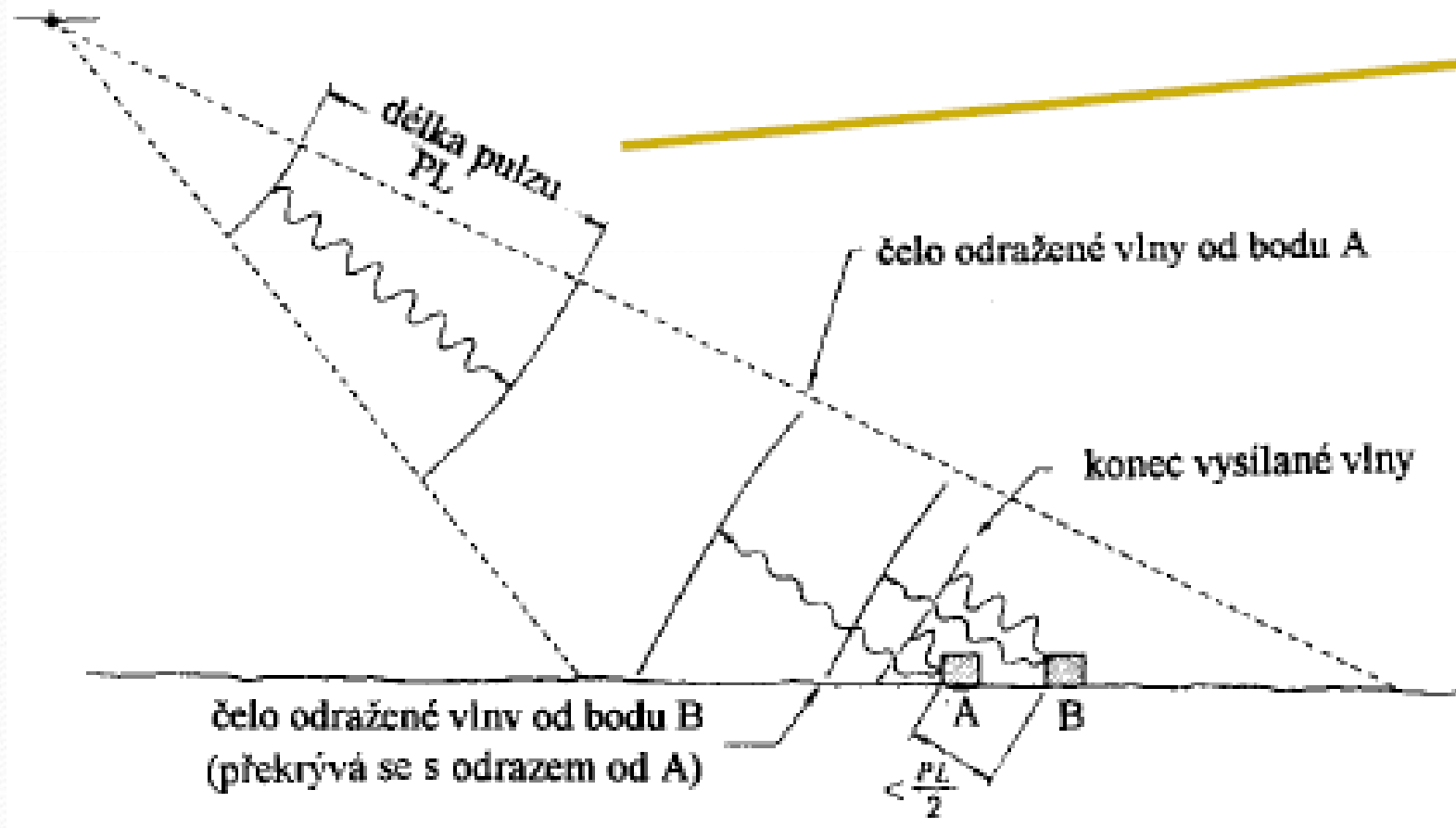
Geometrické vlastnosti radarových obrazových záznamů



A - oblast blízkého dosahu (near range), B - oblast vzdáleného dosahu (far range); α - úhel pohledu (look angle), δ - hloubkový úhel (depression angle), θ - úhel dopadu (incidence angle); S - šikmá vzdálenost (slant range), D - horizontální vzdálenost (ground range), Z - šířka záběru (swath)

Příčné prostorové rozlišení

určováno délkou pulzu, pro rozlišení dvou objektů musí být jejich šikmá vzdálenost větší než $PL/2$, aby nedocházelo k překryvu

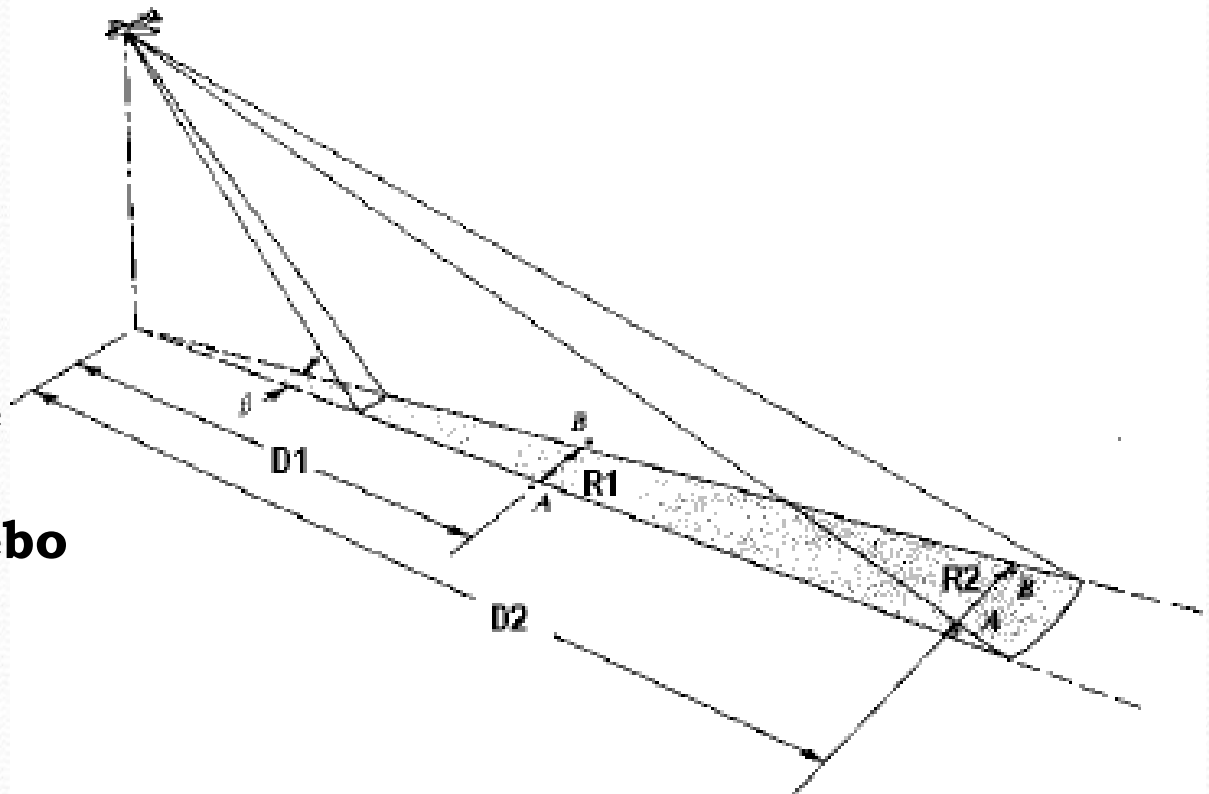


Podélné prostorové rozlišení

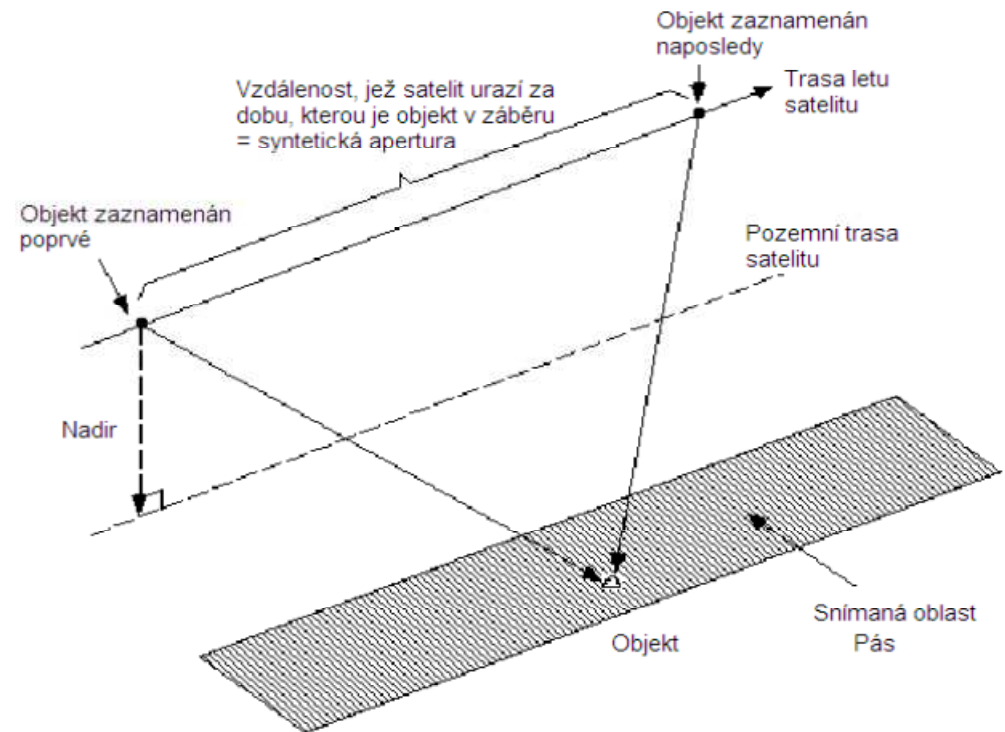
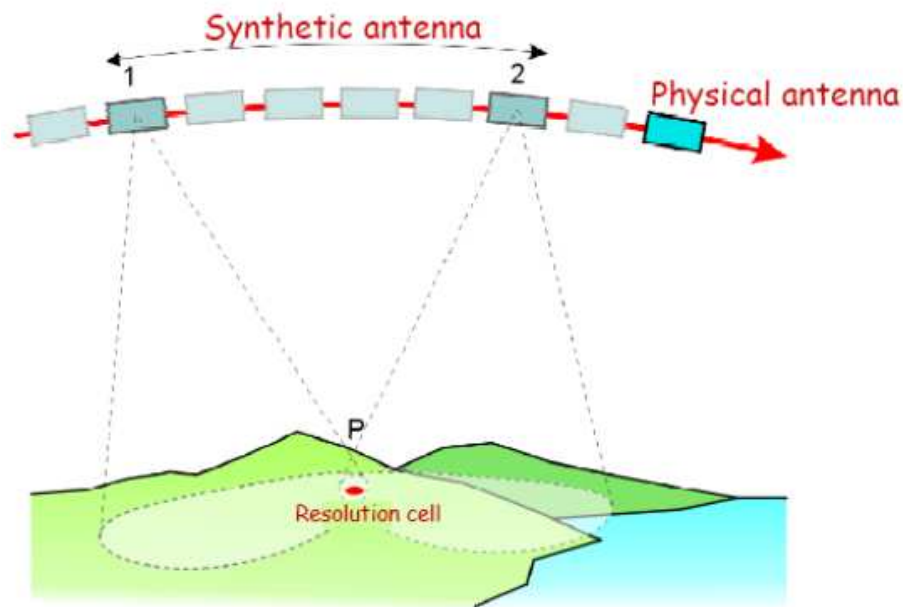
- Závisí na šířce vyslaného paprsku (β) a horizontální vzdálenosti (D)
- Rozlišení klesá se vzdáleností od letové osy
- Vztah mezi šířkou paprsku (β), vlnovou délkou vyslaného signálu (λ) a délkou antény (A)

$$\beta = \frac{\lambda}{A}$$

u SLAR lze dosáhnout lepšího rozlišení pouze zvětšením antény – technické problémy nebo vysílání na kratších vlnových délkách – rušení atmosférou – vývoj směrem k SAR



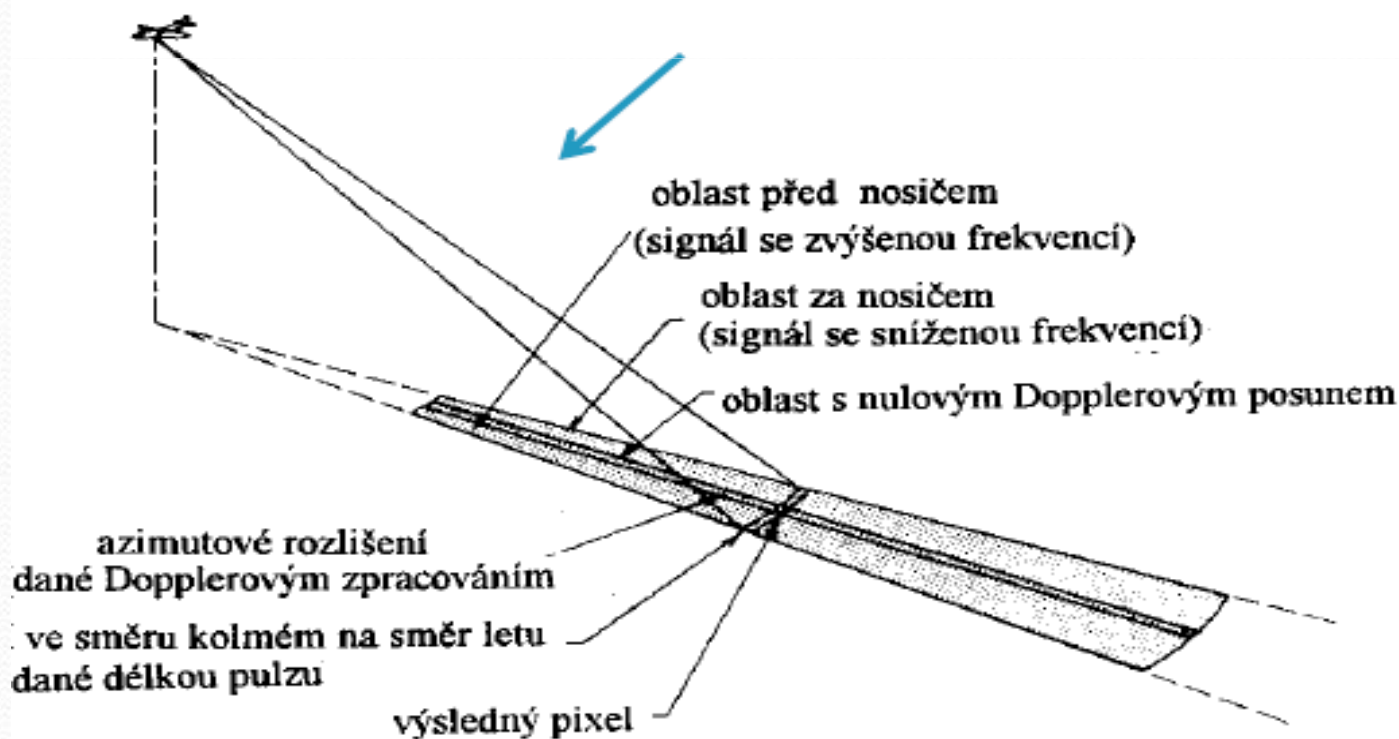
Radar se syntetickou anténou - SAR



Simuluje extrémně dlouhou anténu, pomocí níž je schopen získávat data s vysokým prostorovým rozlišením (rozlišení je závislé na délce antény). V průběhu času jsou jednotlivé cykly vyslání/příjem záření kompletovány s daty z každého cyklu. Je zaznamenána intenzita a fáze zpětně odraženého signálu. Po daném počtu cyklů jsou uložena data zkombinována a teprve potom je z nich vytvořen snímek.

Dopplerův efekt - posuv frekvencí

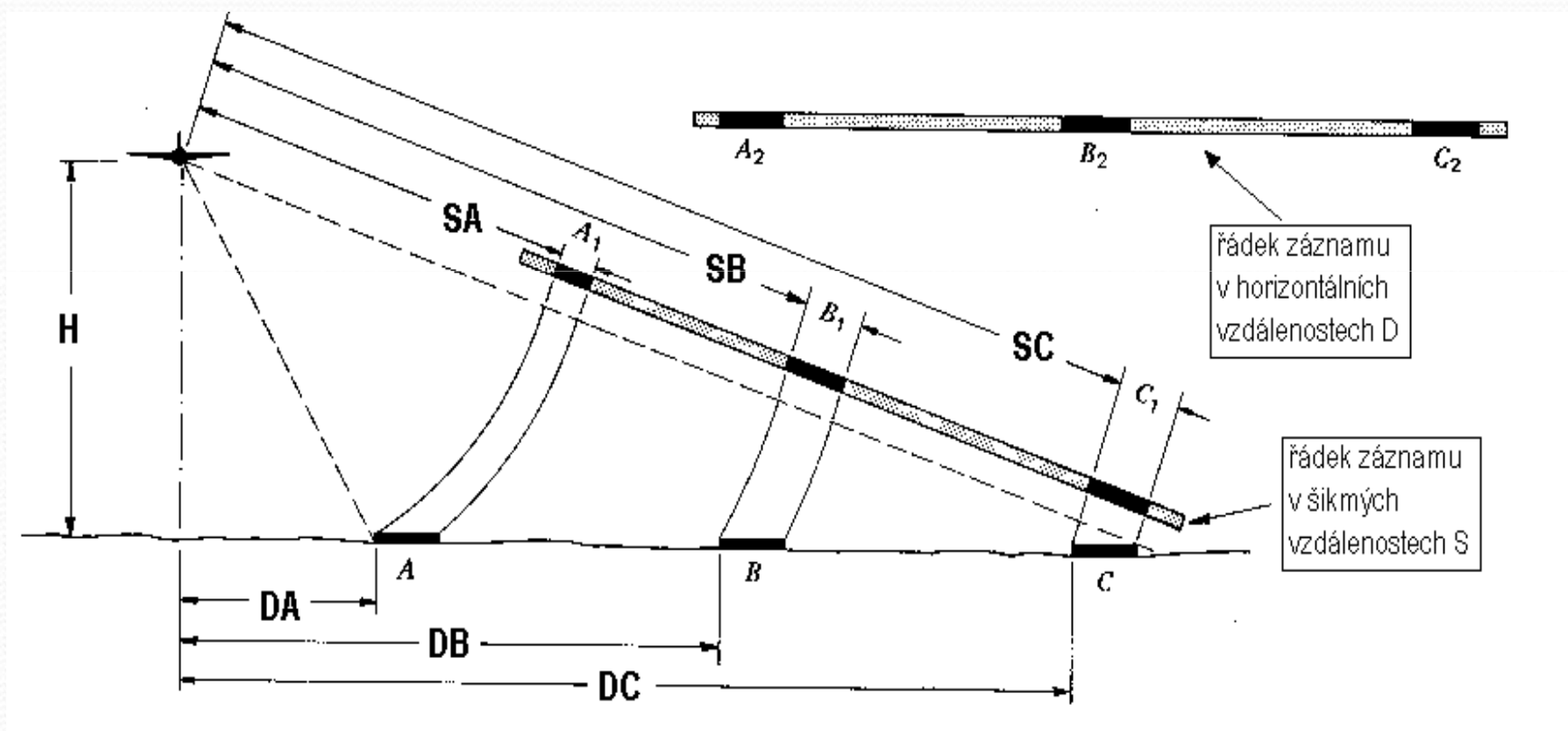
SAR zpracovává pouze střední část paprsku, ve které se neprojevuje Dopplerův efekt - nenastává posuv frekvencí. Tím se výrazně zlepšuje podélné prostorové rozlišení.



Geometrické charakteristiky radarových snímků

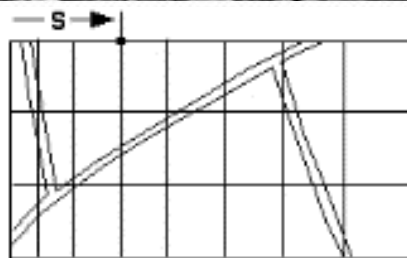
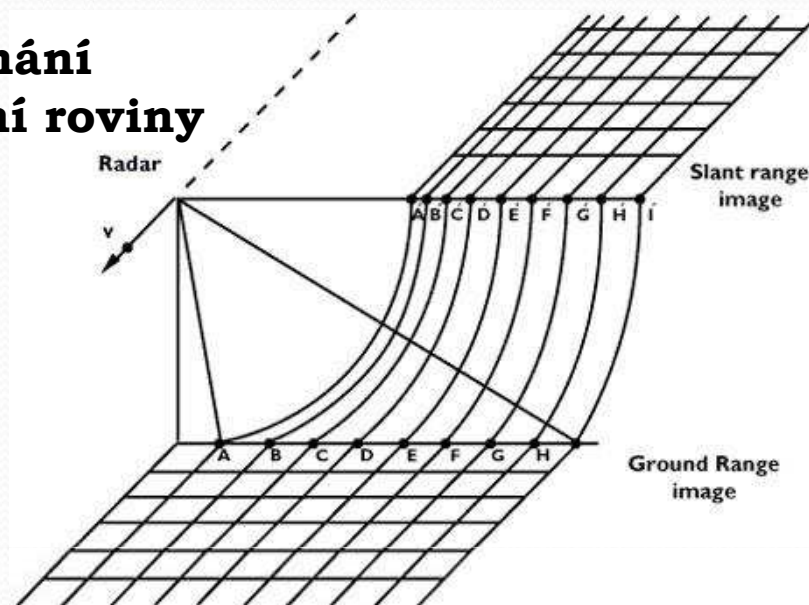
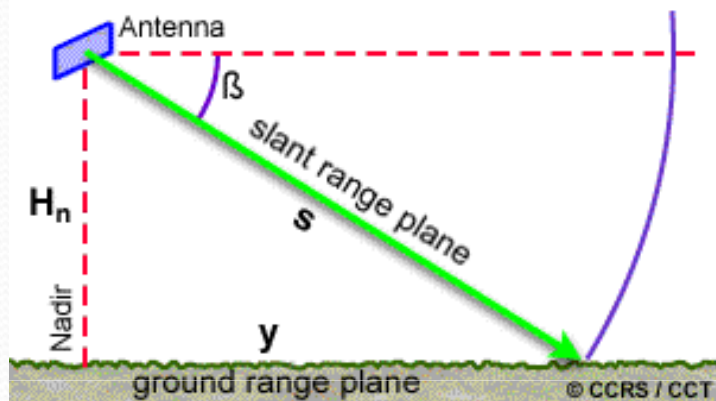
- **nejednotné měřítko – snímání šikmých x horizontálních (ground) vzdáleností**
- **poziční chyby v důsledku různých nadmořských výšek terénu (opačný efekt než ve fotogrammetrii, výškový objekt je nakloněný k linii letu), sklon terénu vede k různým geometrickým distorzím, odstraňují se terénní korekcí s využitím DEM**
- **efekt paralaxy - možnosti tvorby výškových modelů**

Změny měřítka v příčném směru



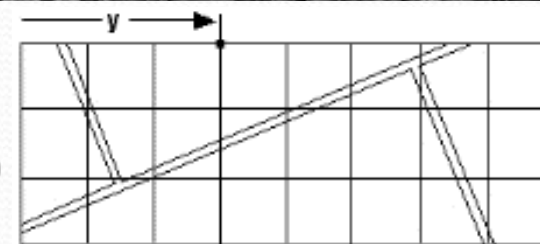
Obrazová řádka v šikmém směru

Nasnímaná data jsou v šikmé rovině snímání a následně jsou převedena do horizontální roviny



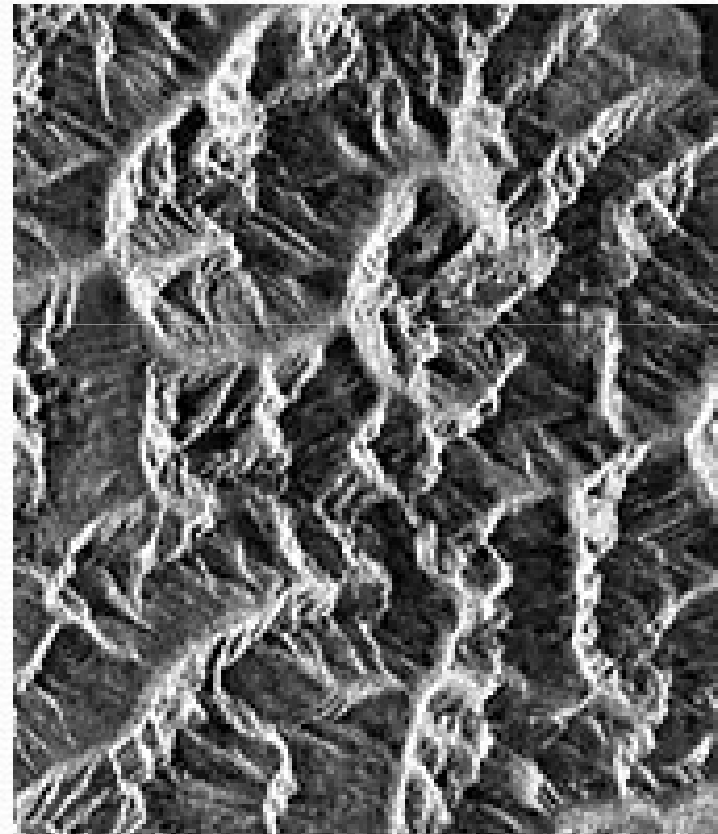
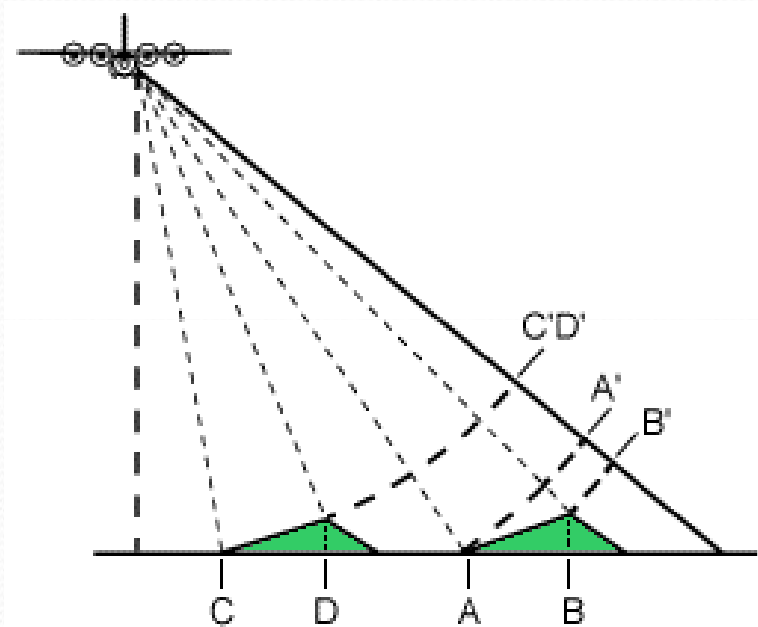
$$s = (y^2 + H_n^2)^{1/2}$$

Oprava šikmé vzdálenosti (slant r.) na horizontální (ground range)



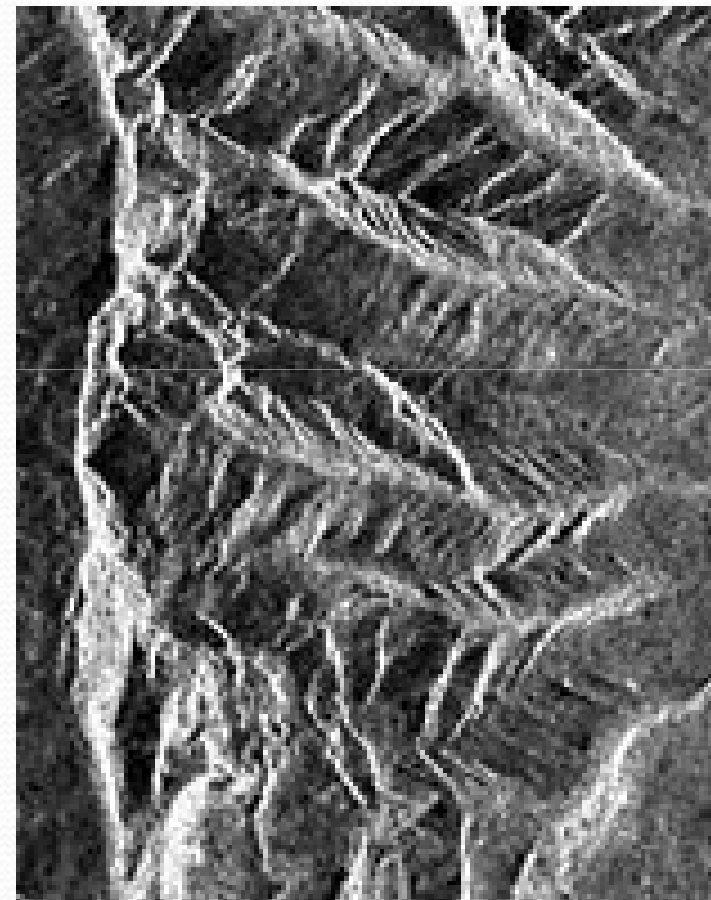
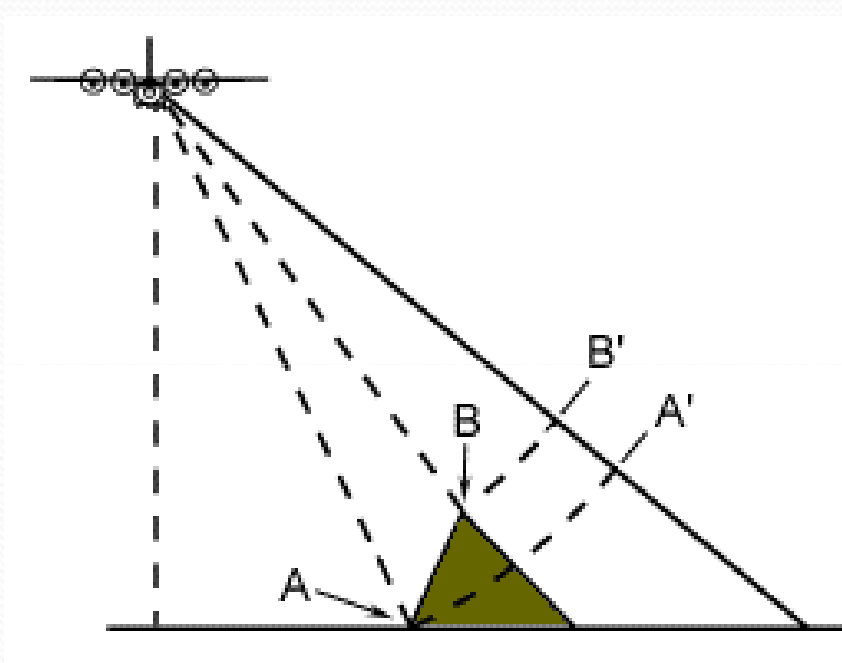
$$y = (s^2 - H_n^2)^{1/2} \quad \frac{y}{s} = \cos \beta$$

Poziční chyby v poloze objektů I - zhuštění signálu (foreshortening)



**svahy orientované k linii letu –
délka je výrazně zkrácena**

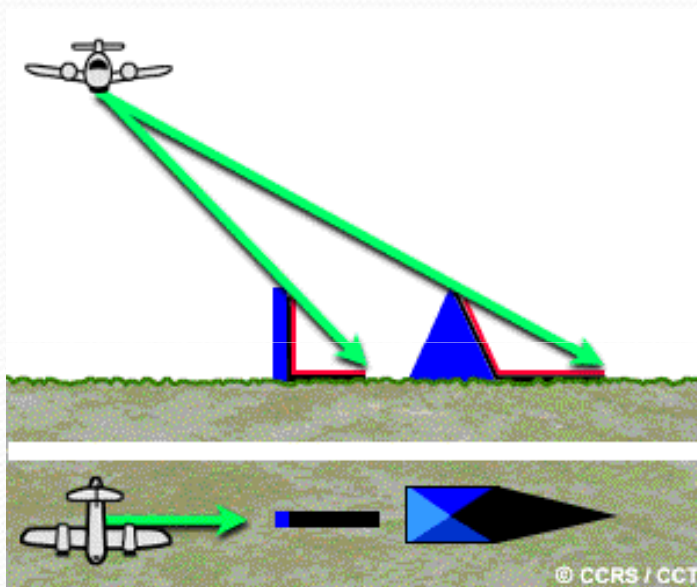
Poziční chyby v poloze objektů II - zpětný překryv (layover)



**strmé svahy k linii letu – signál
dosáhne vrcholu dřív než paty –
převrácená relativní poloha
vrcholu a paty na snímku**

Poziční chyby v poloze objektů III

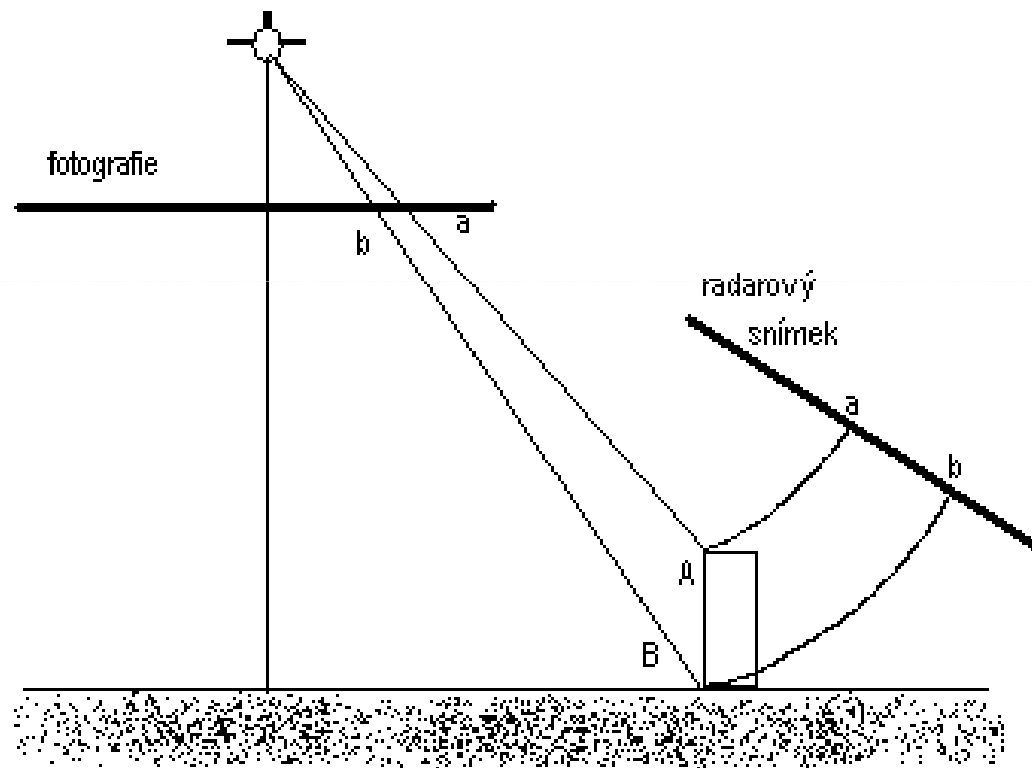
- radarový stín (radar shadow)



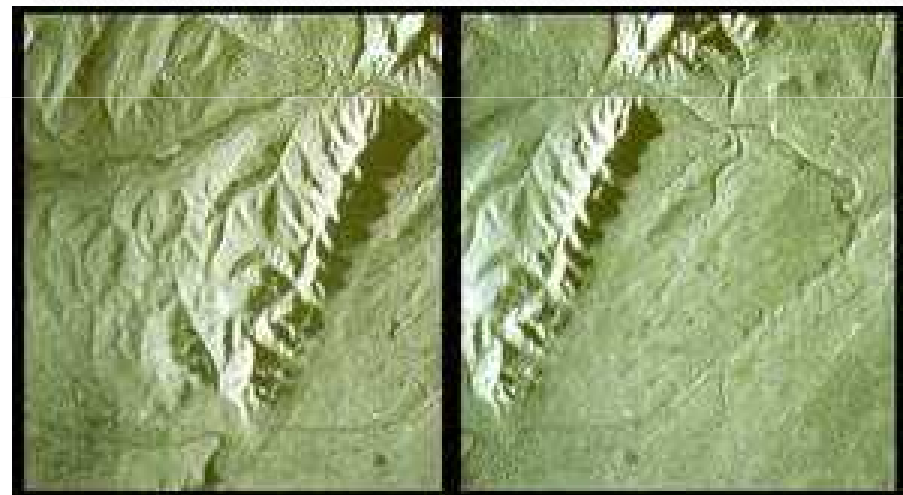
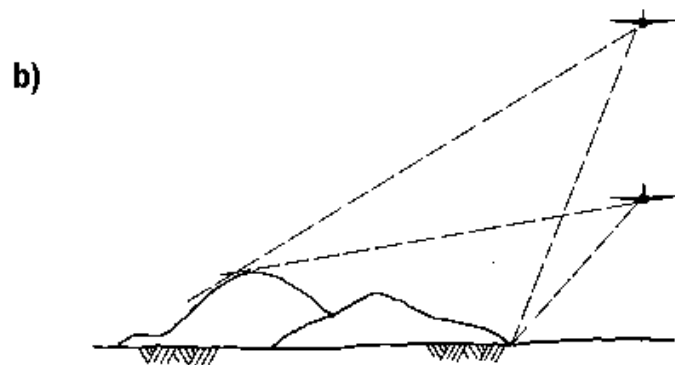
**odvrácené svahy od linie letu
vytváří tzv. radarové stíny,
nepřichází odsud žádný signál**



Rozdíl v geometrii fotografie a radarového snímku



Vytváření stereoskopických dvojic z RADARu



V důsledku bočního snímání budou mít snímky odlišný vzhled (vliv stínů – a), stereoskopická dvojice se dělá z jednoho směru z různých letových hladin, boční osvětlení je podobné

Parametry ovlivňující vzhled radarových snímků

Parametry vnitřní (souvisí s vlastním systémem)

- **vlnová délka (frekvence) použitého mikrovlnného záření**
- **polarizace použitého záření**
- **úhel dopadu (úhel pohledu) radarového paprsku**
- **azimut dopadajícího radarového paprsku ve smyslu jeho orientace vzhledem ke snímanému objektu**

Parametry vnější (vlastnosti povrchů)

- **drsnost povrchu a lokální úhel dopadu**
- **vlhkostní poměry**
- **topografie (orientace svahů)**
- **dielektrické vlastnosti materiálů (permitivita)**

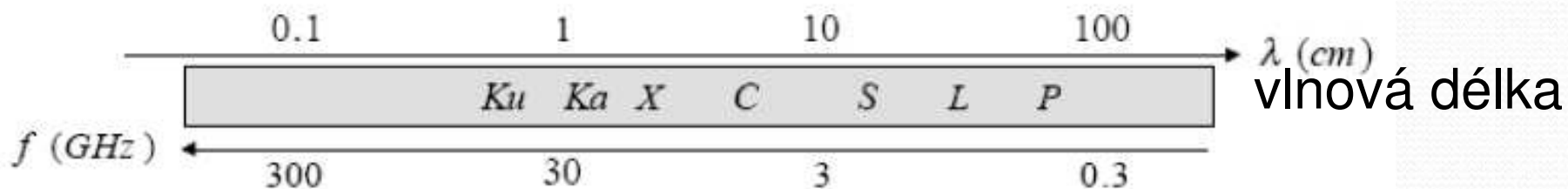
Výše uvedené parametry působí na vzhled komplexně a často mezi sebou korelují, do jisté míry závisí i na druhu povrchu.

Vlnová délka

- **atmosféra více ovlivňuje radarové signály s kratší vlnovou délkou do 3cm, využívá se pro zjišťování srážek (echo od silného deště může být silnější na kratších délkách)**
- **většina radarů jednopásmových, existují i „multispektrální“**
- **delší vlnové délky lépe pronikají pod povrch půdy (silná závislost na přítomnosti vody)**
- **schopnost pronikat pod povrch souvisí i s úhlem dopadu (malý úhel dopadu – intenzivnější)**

Používaná mikrovlnná pásma

Pásmo	Vlnová délka (cm)	Frekvence (GHz)
Ka	0.8-1.1	40 - 26.5
K	1.1-1.7	26.5 - 18
Ku	1.7-2.4	18 - 12.5
X	2.4-3.8	12.5 - 8
C	3.8-7.5	8 - 4
S	7.5-15	4 - 2
L	15 -30	2 - 1
P	30 -100	1 - 0.3



frekvence

$$f(\text{v Hertz}) = C/\lambda$$

$$C = 3 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$\lambda \text{ v m}$$

Odrazivost v rozdílných pásmech

X-band



L-band

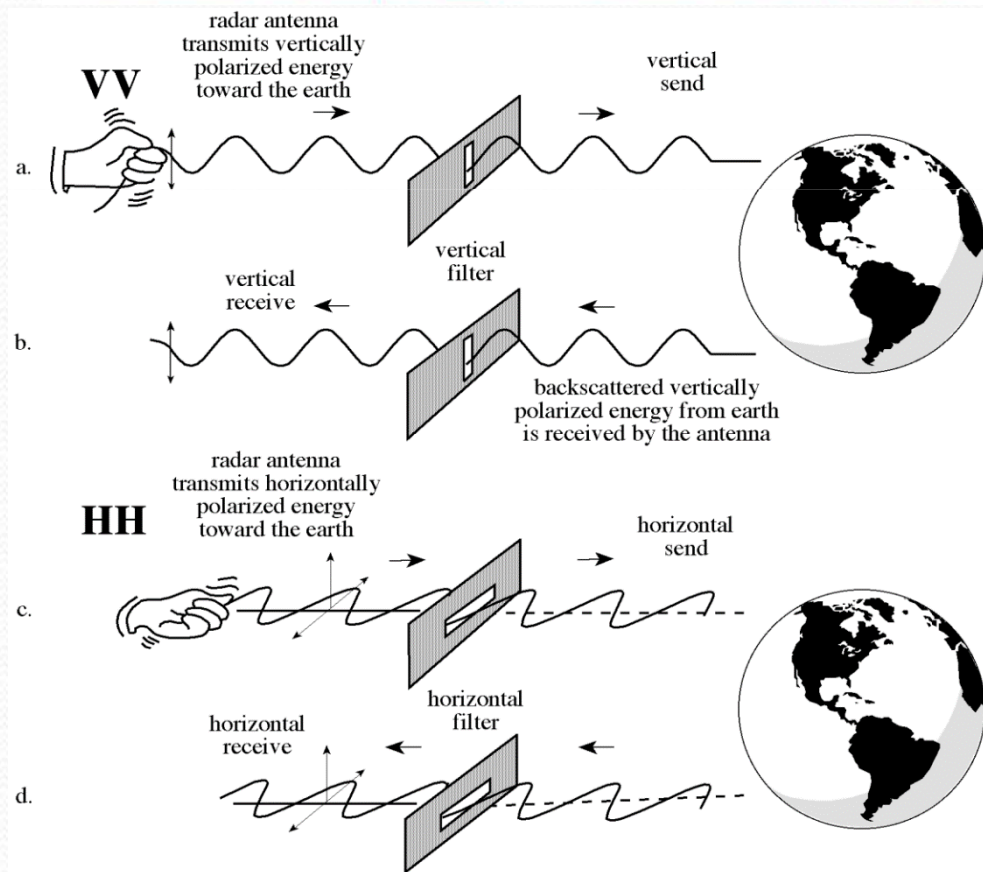
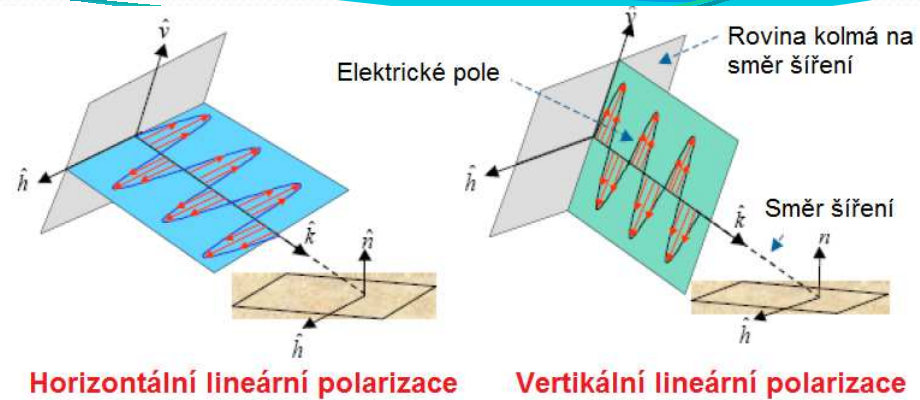


P-band



Polarizace

- vyslaný signál je vždy polarizovaný



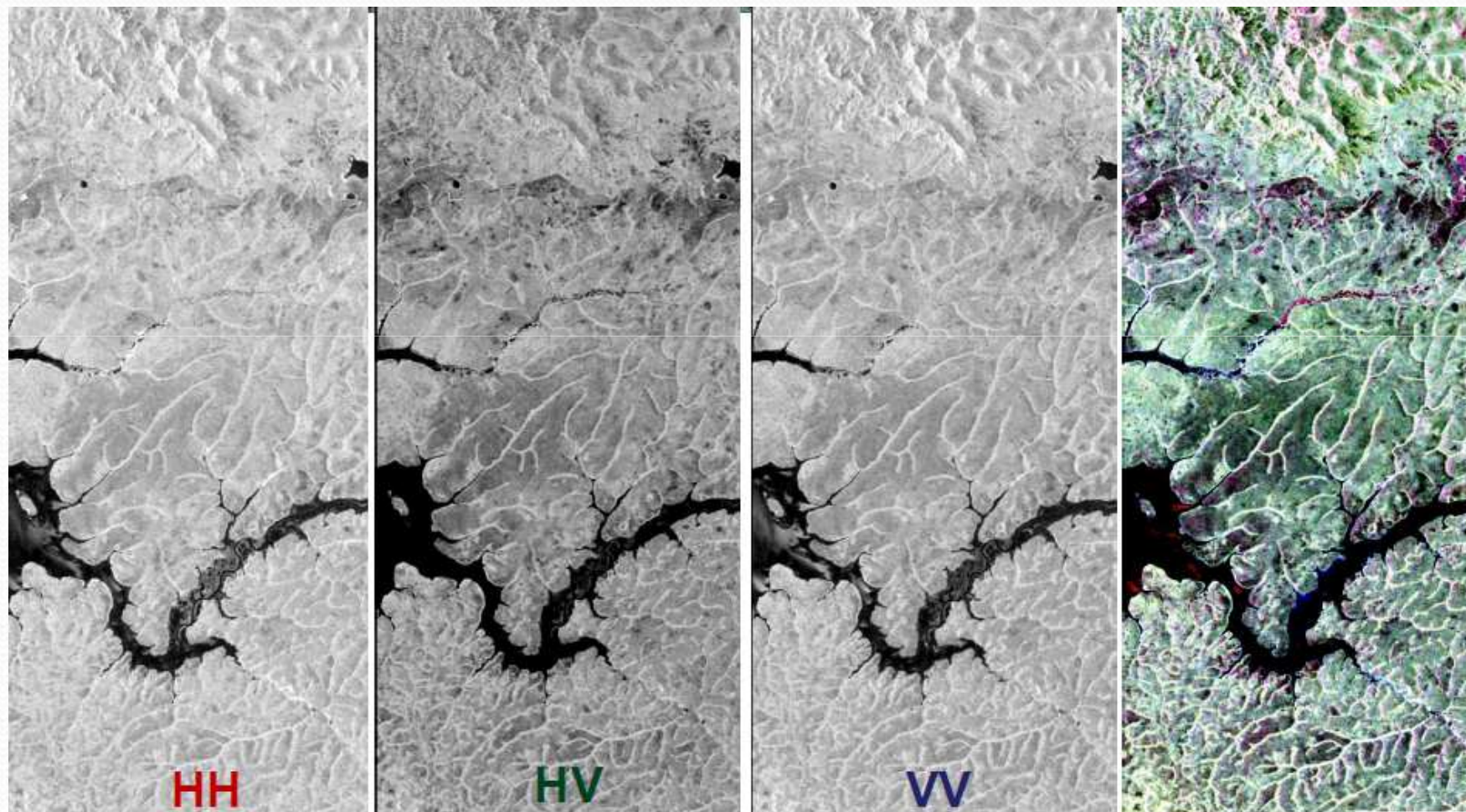
Typy radar. systémů dle polarizace

Popis polarizace signálu - XY (X vysílá, Y přijímá)
HH, VV = co-polarised; HV, VH = cross-polarised
(obvykle slabší než co-pol)

Systém má jednu, nebo více následujících kombinací:

- **single pol.**
 - vyšle signál jen o jedné polarizaci a přijme signál jen o jedné polarizaci
 - varianty pouze HH, pouze VV, pouze HV, nebo pouze VH
 - starší senzory ERS – VV, Radarsat 1 - HH
- **dual / alternating pol.**
 - HH a HV, nebo VV a VH, nebo HH a VV
 - EVISAT ASAR
- **quad pol.**
 - všechny 4 typy polarizovaných dat v jednom snímku: HH, VV, HV a VH
 - ALOS PALSAR, Radarsat 2, TanDEM-X, Sentinel – 1,

Odrazivost pro různé polarizace



ALOS-PALSAR , Adamawa region, Cameroon, 11 -12-2009



Data pořízená v pásmu C (zdroj: CCRS)

HH



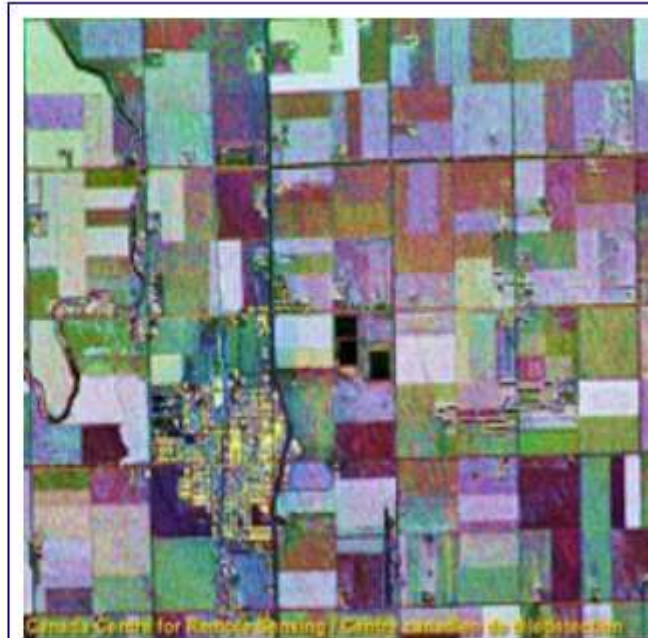
VV



HV



R -
HH
G -
VV
B -
HV



Sinclair Color Coding



© Google Earth



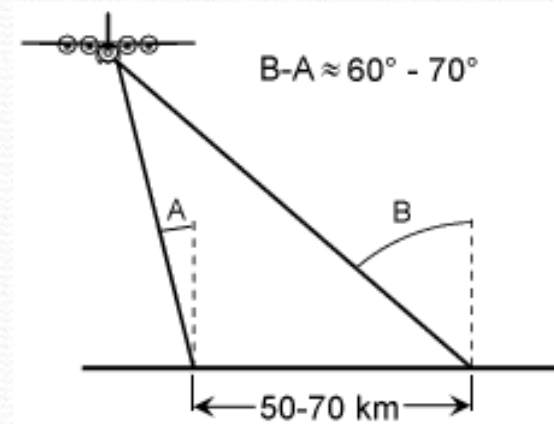
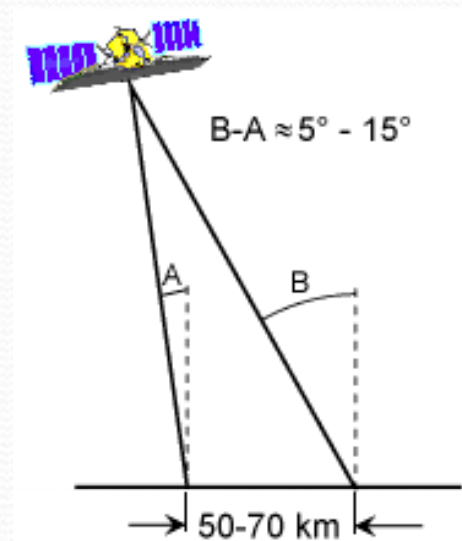
|HH|

|HVI|

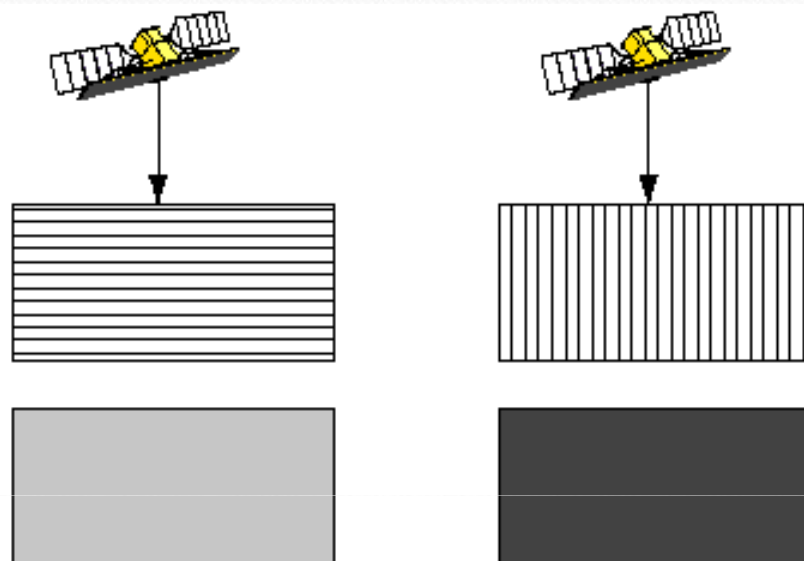
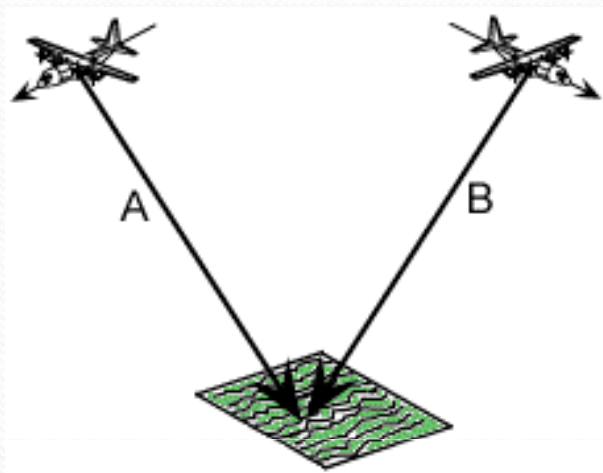
|WVI|

Úhel dopadu radarového signálu

- Ovlivňuje rozsah radarových stínů
- Malý úhel dopadu způsobuje intenzivní odraz od relativně hladkých povrchů
- Při velkém úhlu dopadu jsou hladké plochy naopak tmavé
- Velký úhel dopadu zdůrazňuje tvary snímaného reliéfu.



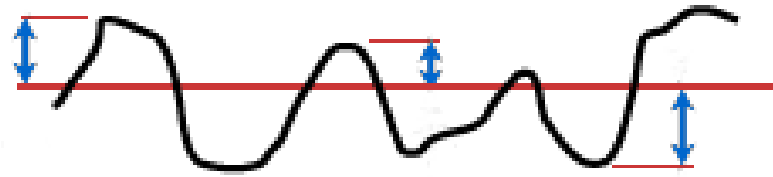
Azimut dopadu radarového signálu (orientace)



Vzájemná orientace dopadajícího radarového paprsku a snímaného objektu má výrazný vliv na vzhled výsledného snímku

Objekty uspořádané do linií kolmých k dopadajícímu paprsku (A) dávají daleko silnější odraz, než objekty v liniích orientovaných rovnoběžně s dopadajícím paprskem (B) – ulice, polní plodiny, ...

Drsnost povrchu



Hladký povrch:

$$h < \frac{\lambda}{8 \cdot \cos \theta}$$

Drsný povrch:

$$h > \frac{\lambda}{8 \cdot \cos \theta}$$

h - průměrná výška nerovností povrchu

λ - vlnová délka radarového signálu

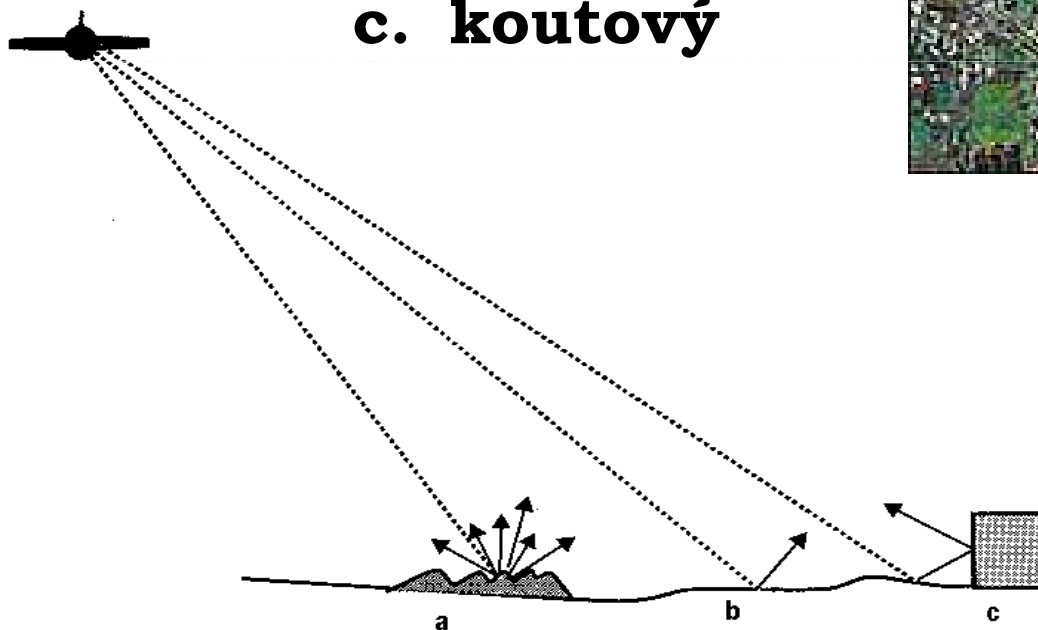
θ - úhel dopadu



Drsnost povrchu

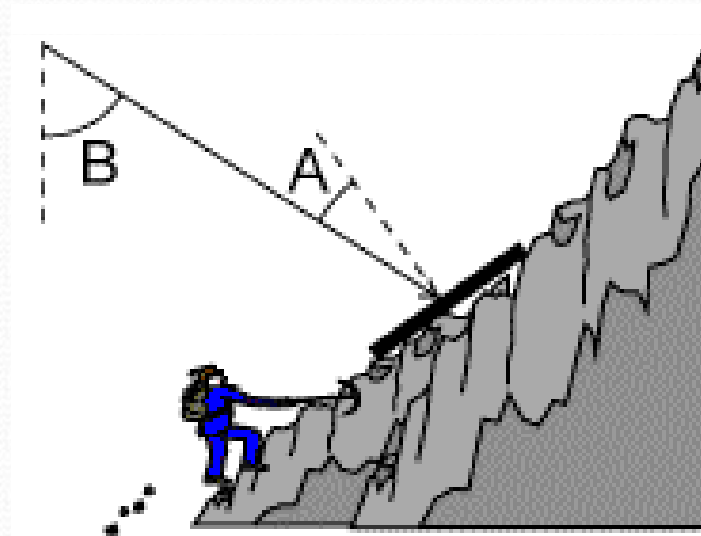
Základní druhy odrazů:

- a. difuzní**
- b. zrcadlový**
- c. koutový**



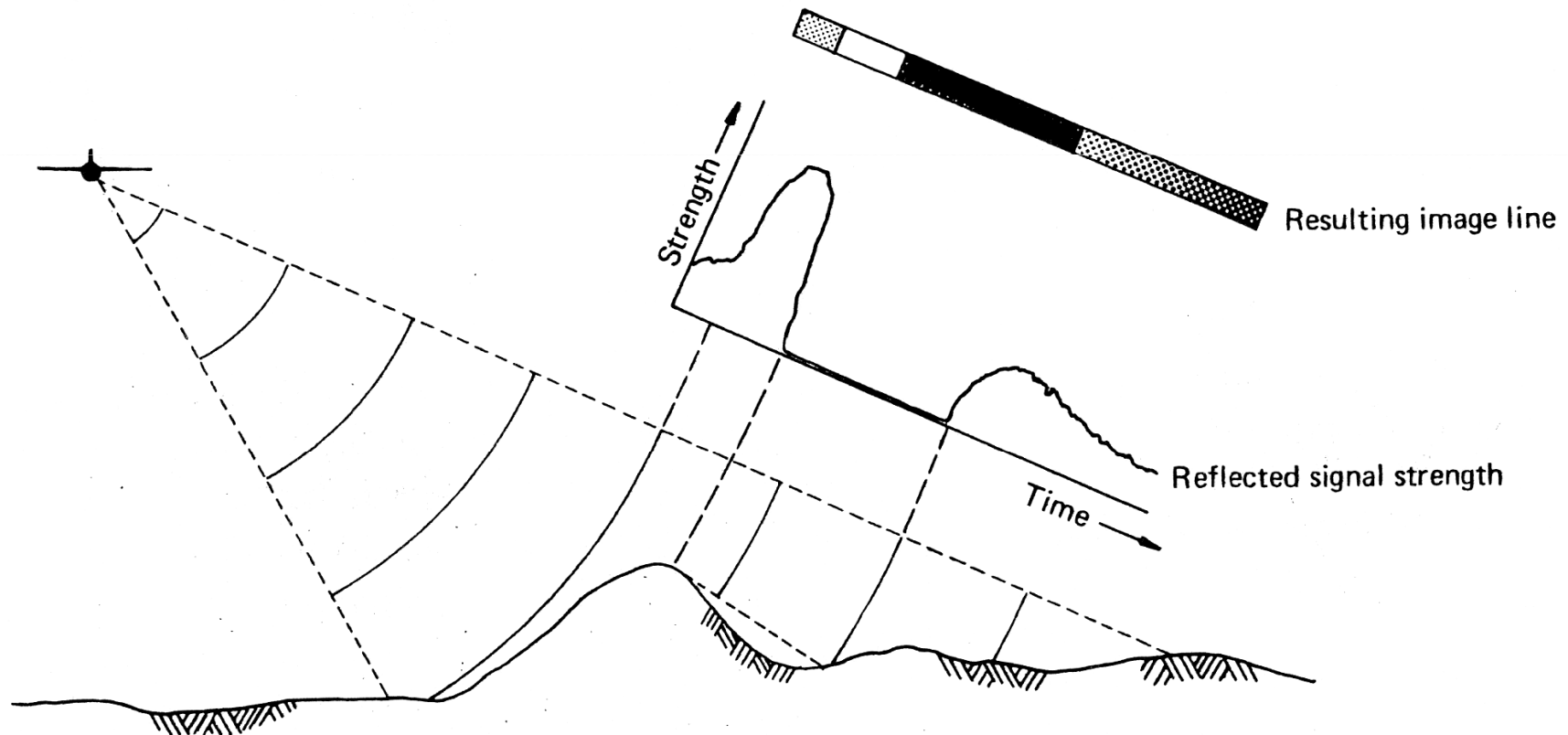
Topografie a lokální úhel dopadu radarového signálu

- lokální změny v orientaci terénu ovlivňují intenzitu odraženého signálu
- lokální úhel dopadu je úhel mezi dopadajícím paprskem a normálou k zemskému povrchu v místě dopadu



Závislost lokálního úhlu dopadu na intenzitu radarového signálu

- silný odraz od povrchů orientovaných kolmo k dopadajícímu radarovému signálu
- slabý nebo žádný v radarovém stínu, paprsky tam neproniknou



Elektrické vlastnosti objektů



Permitivita charakterizuje povrchy z hlediska jejich schopnosti absorbovat, odrážet nebo vést mikrovlnnou energii

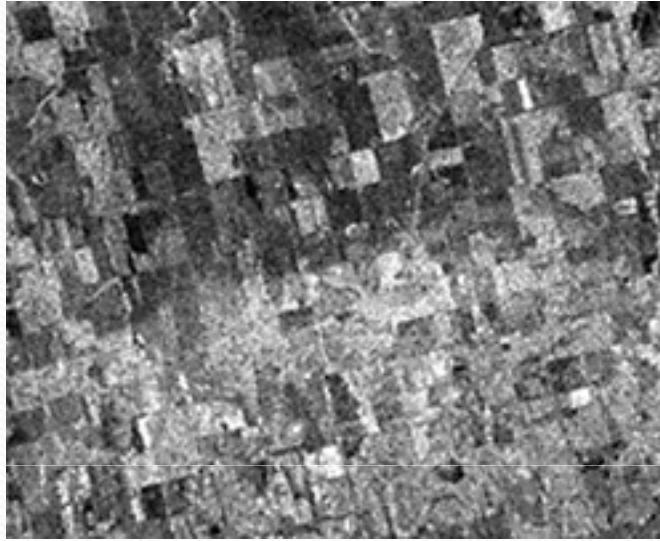
Vysoké hodnoty permitivity (dielektrické konstanty) způsobují vysoké hodnoty zaznamenaného odraženého signálu.

Povrchy s vysokým vodním obsahem vykazují zvýšenou vodivost (v suchém stavu hodnota perm. 3-8, voda má 80)

Přítomnost vody v půdě nebo ve vegetaci zvyšuje odraz radarového signálu.

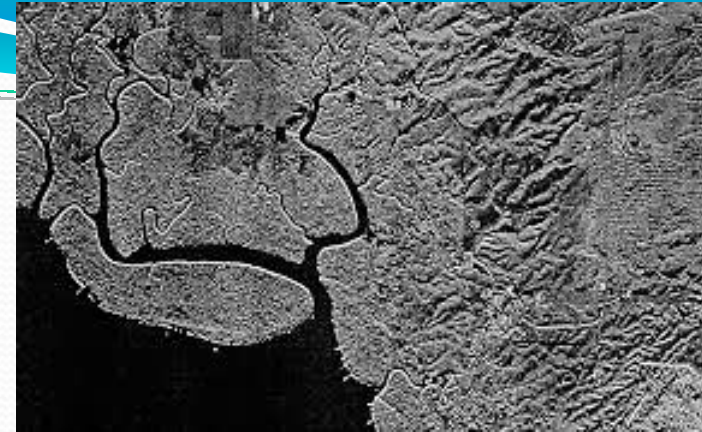
Vysoké hodnoty mají vodní plochy, kovové povrchy, vegetace, nízké hodnoty mají horniny, suchá písčité půda, led.

Radarový signál vegetace



- **pro zjišťování vegetace jsou výhodné krátké vlnové délky kolem 2 až 6 cm,**
- **vzhled ploch s vegetací na radarových snímcích ovlivňuje dále především vodní obsah**
- **vegetace způsobuje depolarizaci signálu**

Radarový signál vody a ledu

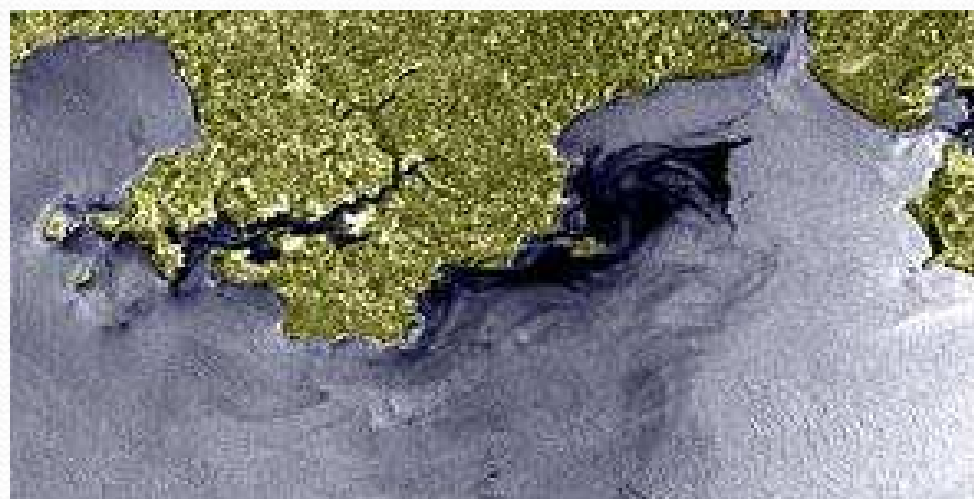
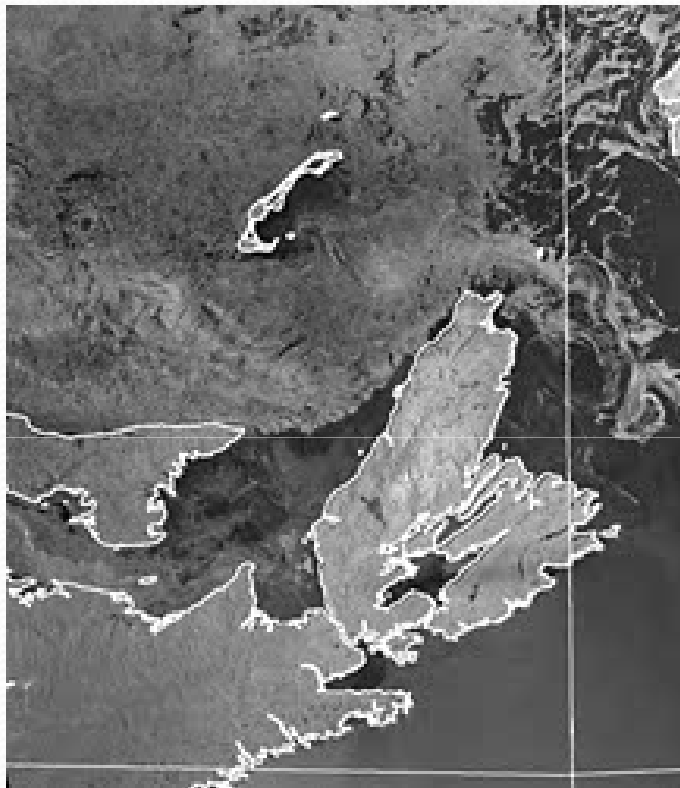


Hladké vodní plochy způsobují zrcadlový odraz (možnost monitorování rozsahu ropných skvrn)

Zvlněná vodní hladina působí difuzní odraz (možnost nepřímého určování směru a rychlosti větru)

Radarový signál ledu závisí na dielektrické konstantě (lze rozpoznat tající led), dále také na stáří ledu (starý led se jeví jako drsný a působí difuzní odraz)

Radarový signál vody a ledu



Radarový signál půdy

Na radarových snímcích lze zjišťovat především přítomnost vody v horní několikacentimetrové vrstvě půdy.

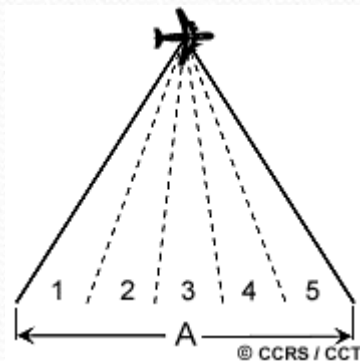
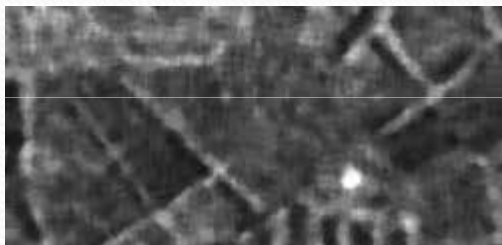
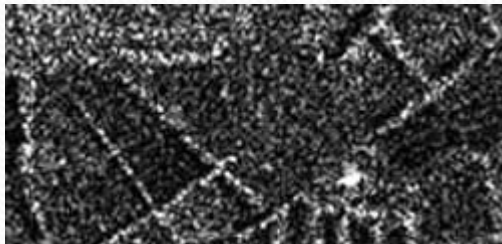
Půdní vlhkost je zvláště zřetelná v delších vlnových délkách a zabraňuje pronikat radarovému signálu do větších hloubek.

V extrémně suché půdě může radarový signál v pásmu L pronikat až do hloubky několika metrů.

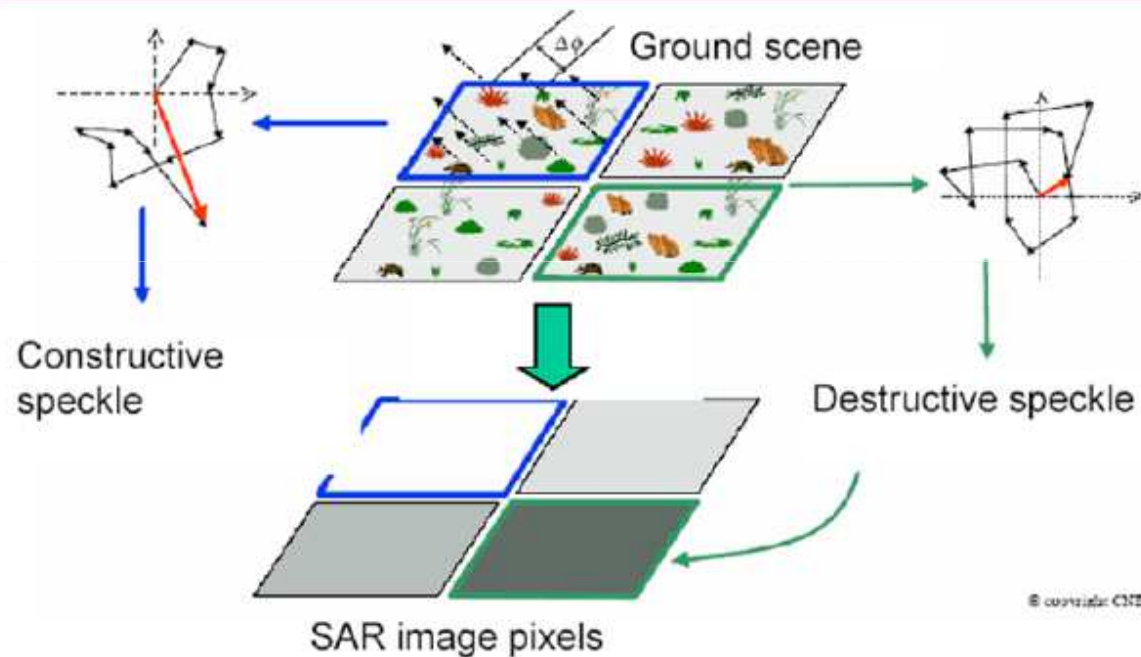


Textura radarových snímků

„Speckle“ výrazná zrnitá textura - textura "soli a pepře". (odstranění filtrací nebo multi-look – vícenásobný pohled)



The physical origin of speckle



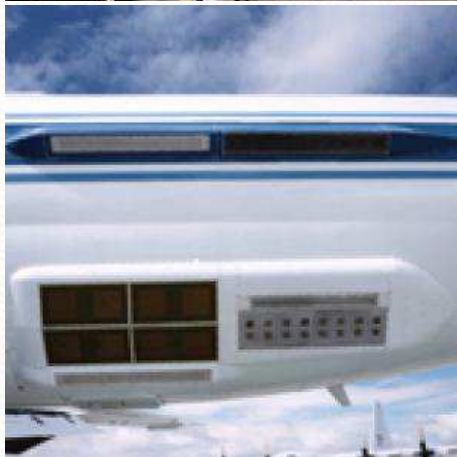
Resolution cells are made up of many scatterers with different phases, leading to interference and the noise-like effect known as **speckle**.

Využití radarových dat

- **Zemědělství** – klasifikace plodin, stavu vegetace, vlhkosti půdy,...
- **Lesnictví** – mapování polomů, těžby, liniových prvků, odhad množství biomasy, odhad výšky stromů, mapování druhové rozmanitosti, spálenišť,
- **Urbanismus** - struktura a hustota osídlení, detekce změn, monitoring dopravy
- **Hydrologie** – monitorování mokřad, povodní, mangrove, mapování sněhové pokrývky...
- **Oceánografie** - mapování plavoucího ledu, odhad jeho tloušťky, sledování polárních čepiček, měření rychlosti větru, velikosti vln...
- **Meteorologie** – odhady srážek, sledování volných částic ledu, vody, ...
- **Geologie** – mapování lávových toků (extrémně členité), eroze, aluviálních vějířů, písečných dun, morén, sedimentárních hornin, odhady členitosti povrchu...
- **Rozpoznání a klasifikace lodí** – kontrola výlovů apod.

Radarové systémy

- **letadlové systémy – v současné době určeny především pro mapování výšek a tvorbu DMT**



Instrument	Band/ λ	Organization	Owner
Emisar	C,L band	Techn. Univ. of Denmark	Denmark
Pharus	C band	FEL-TNO	Netherlands
Star-31	X band	Intermap	Canada
Airsar/Topsar	P,L,C band	Nasa/JPL	USA
Carabas	3-15 cm	Chalmers University/FOI	Sweden
Geosar	X,P band	JPL and others	USA
WINSAR	4 bands	Metratec	USA

UAVSAR (JPL)

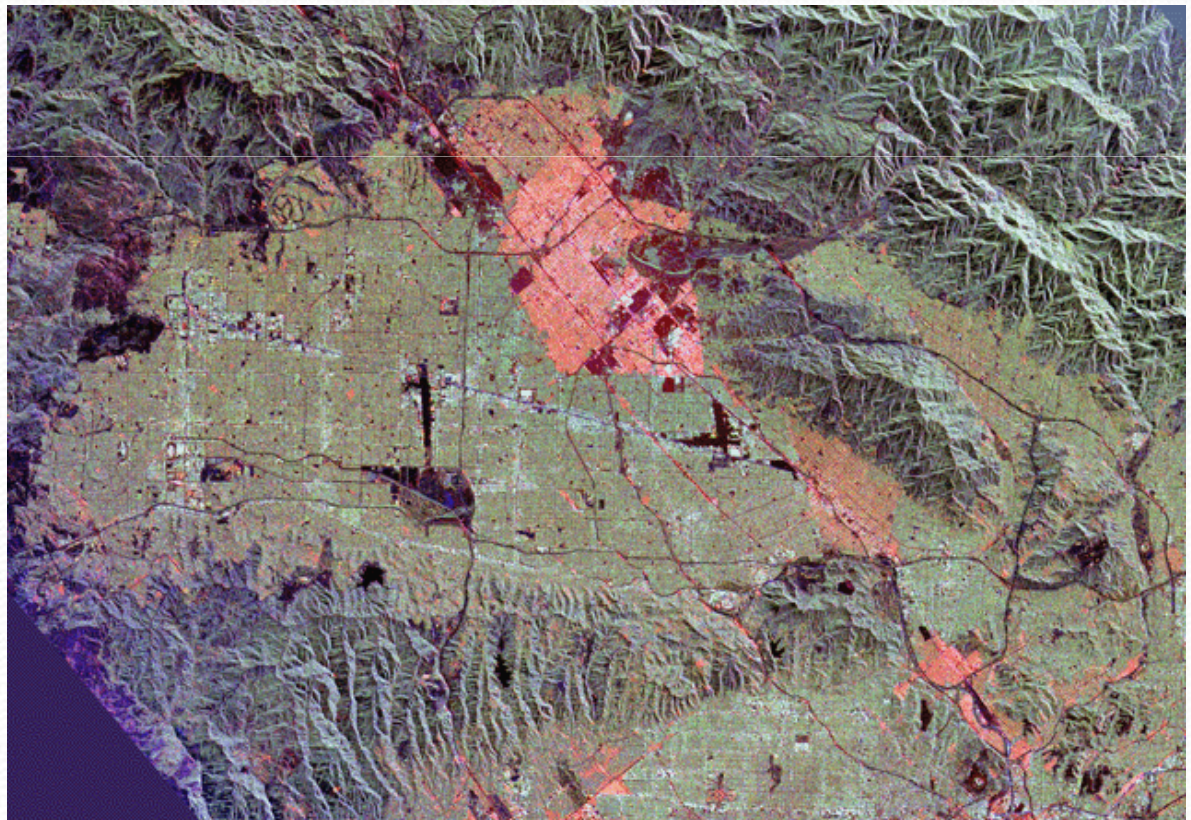
<http://uavsar.jpl.nasa.gov/education/what-is-uavsar.html>

Shuttle mise: SIR-C/X-SAR

- 2 mise v roce 1994: 9. - 20. dubna a 30. 8. - 11. 10.
- shuttle Endeavour
- prostorové rozlišení $\approx 30\text{m}$
- výška 215 km
- duální polarizace

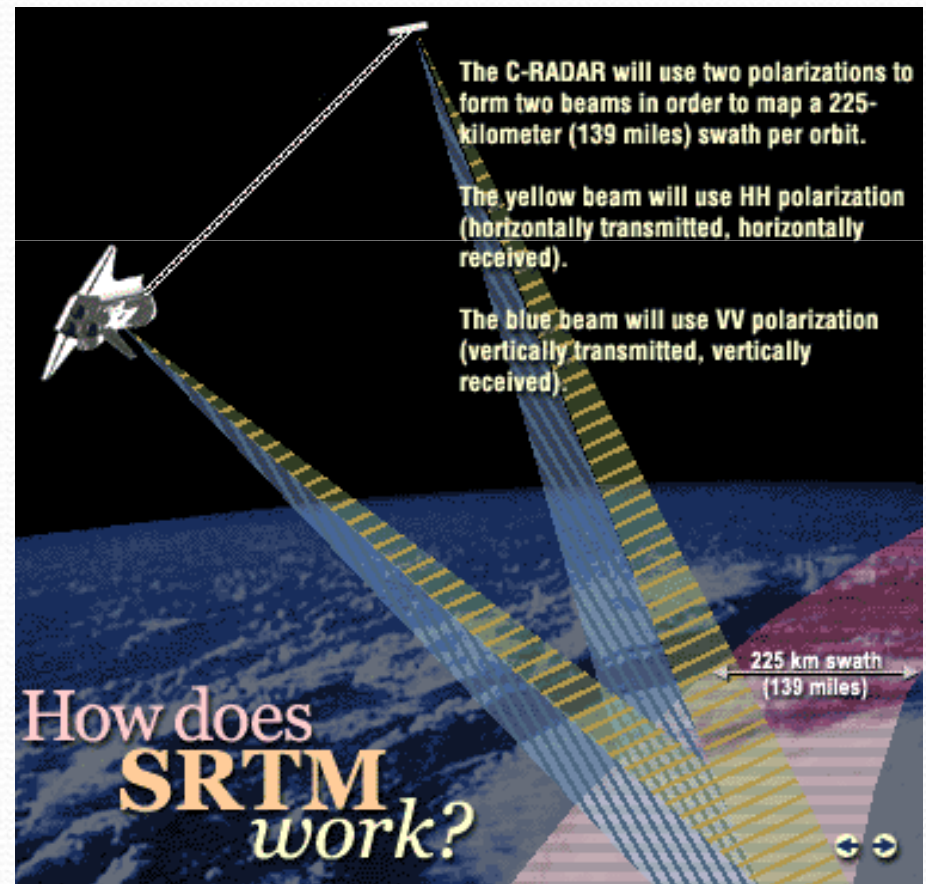
Obr.: San Fernando Valley,
Kalifornie (město na snímku
Los Angeles)

R: pásmo L (HH)
G: pásmo L (HV)
B: pásmo C (HV)

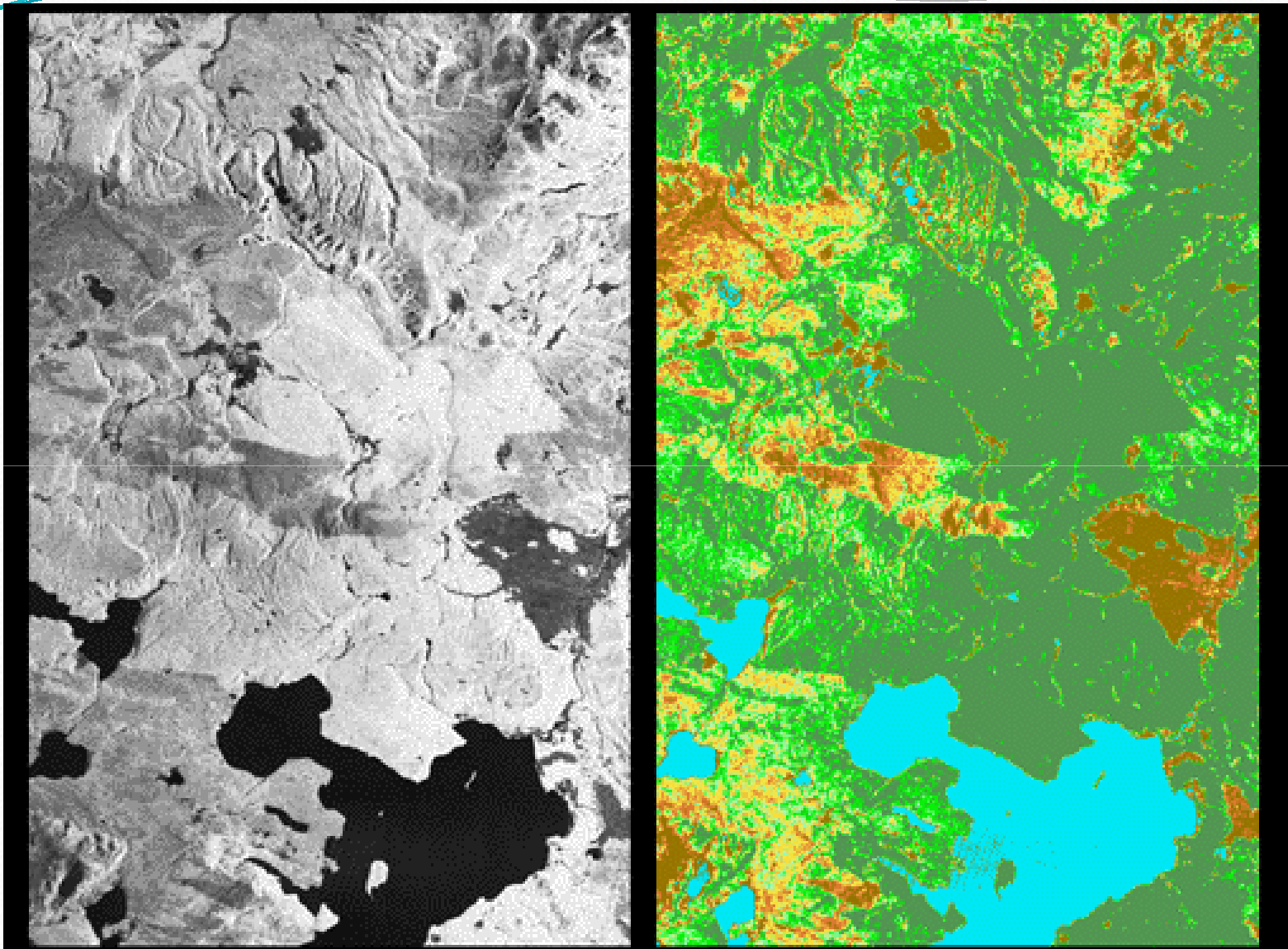


Shuttle mission: SRTM

- The Shuttle Radar Topography Mission
- 80 % zemského povrchu
- shuttle Endeavour
- 11 dní v únoru 2000
- pásma C (HH, VV) a X (VV)



SIR C/X – Radarové snímky z raketoplánu



Mapování ploch postižených požáry lesa

Satelitní senzory



- **Radarsat-1** (pásmo C – polarizace HH) 1995 Kanada
<http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat1/>
- **Radarsat-2** (pásmo C – quadpol HH, VV, HV a VH) 2007 Kanada <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat2/>
- **ERS-1** (pásmo C - polarizace VV) 1991 – 2000 ESA, **ERS-2** (pásmo C - polarizace VV) 1995 - 2011 ESA <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/ers>
- **Envisat/ASAR** (pásmo C – dualpol HH - VV, HH - HV, nebo VV - VH) 2002 - 2012 ESA
<https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/envisat>
- **JERS-1 L** (polarizace HH) 1992 - 1998 Japonsko <http://www.eorc.jaxa.jp/JERS-1/en/index.html>
- **TerraSar-X** (pásmo X - dualpol) 2007 DLR <http://www.astrium-geo.com/terrasar-x/>
- **TanDEM-X** (pásmo X - quadpol) 2010 DLR http://www.dlr.de/hr/desktopdefault.aspx/tabid-2317/3669_read-5488/
- **SRTM** (C – quadpol a X – polarizace VV) - Space shuttle mission, 2000 NASA
- konstelace **COSMO-SkyMed** (pásmo X - quadpol) 2007 Itálie <http://www.cosmo-skymed.it/en/index.htm>
- konstelace **RISAT** (pásma X - 2008 a C – 2012, quadpol, Indie)
- **ALOS PALSAR** (pásmo L – quadpol) Japonsko
- **KOMPSAT-5** (pásmo X – single pol., 2010, Korea),...
- **Sentinel-1** (pásmo C - quadpol) 2014 ESA,
- **Plánované: ALOS 2, TanDEM-L, Biomass, CoreH2O ...**



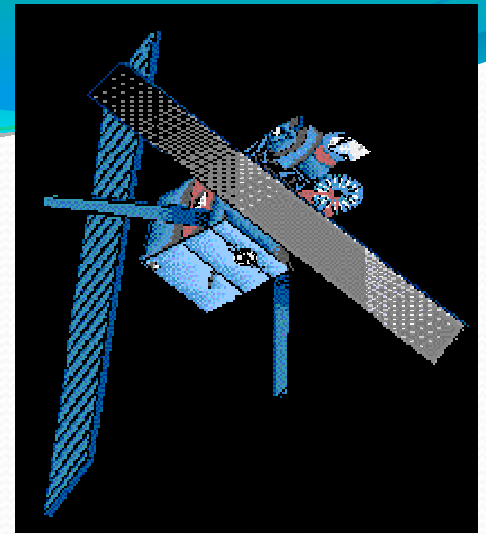
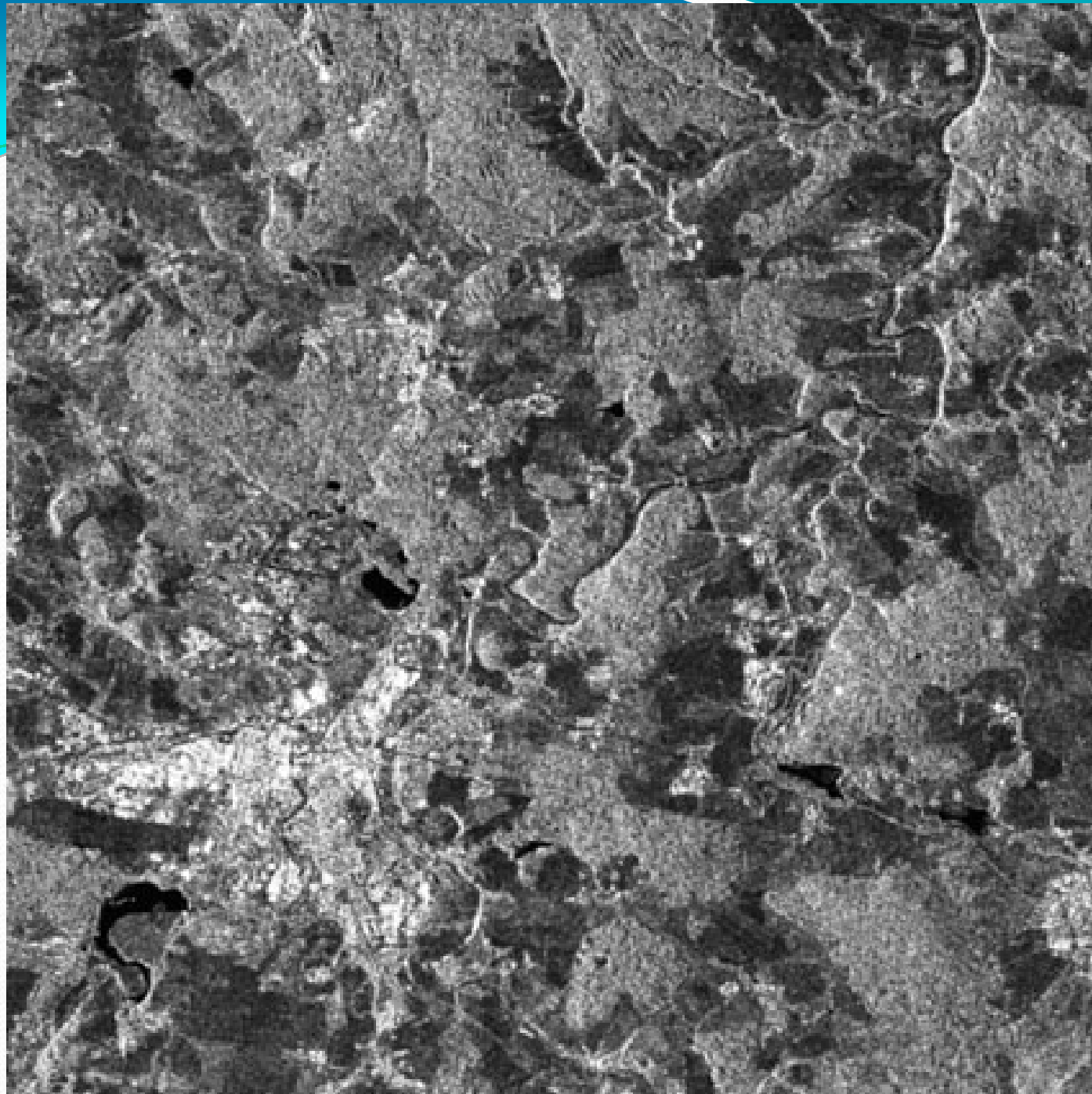
ERS 1 a 2

Subpolární dráha, výška letu 785 km, časové rozlišení 35 dní, zpoždění druhé družice 1 den – data pro stereosnímky

Nese tři základní instrumenty: 1) tzv. AMI (Active Microwave Instrument) - SAR pracující v C pásmu, 2) Radarový altimetr (výškoměr) pracující v Ku pásmu, 3) podélně skenující infračervený radiometr.

V režimu IMAGE pořizuje obrazový záznam z pásu širokého 100 km s rozlišením zhruba 30 m, s VV polarizací a se středním obrazovým úhlem 23 stupňů. V režimu WAVE instrument měří odrazivost od povrchu oceánu ovlivněnou vlněním. V neobrazovém režimu WIND jsou měřeny směr a rychlost větru při hladině moře.

Snímky dobře znázorňují i málo členitý reliéf, vodní plochy, dobře identifikovatelné jsou také ropné skvrny na mořské hladině.



ERS- 1

ERS - 2



ERS - 2

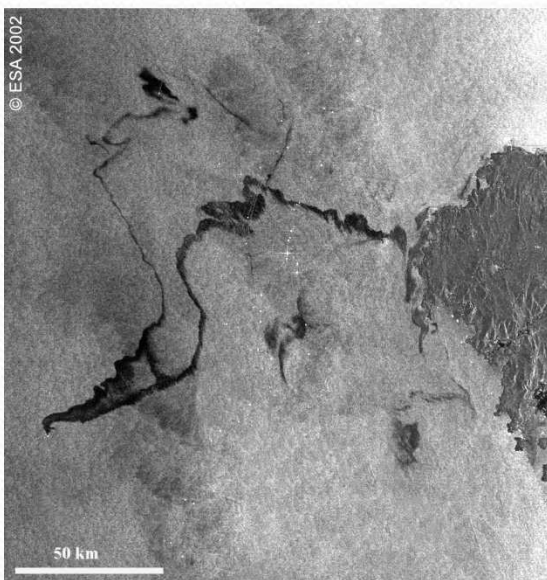
detekce změn

**multitemporální
snímek**



ENVISAT

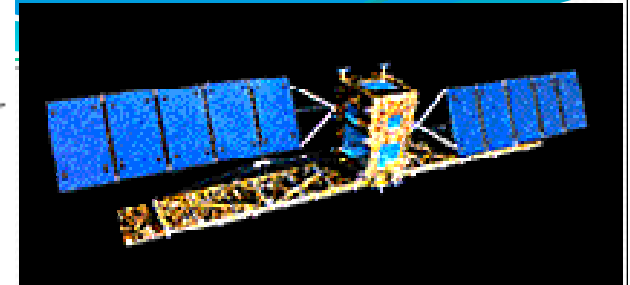
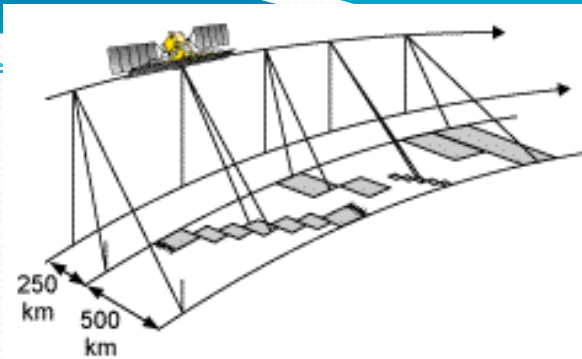
- The European Space Agency Environmental Satellite
- Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR)
- duální polarizace
- 10 let kontinuálního snímání
- repeat (orbit) cycle 35 dní



Ropná skvrna u španělského pobřeží
www.gaf.de

Image Mode (IM)	VV nebo HH prost. rozlišení 30 m
Alternating Polarisation Mode (AP)	Dva koregistrované snímky HH/VV, HH/HV, nebo VV/VH prost. rozlišení 30 m
Wide Swath Mode (WS)	Snímek 400 x 400 km prost. rozlišení 150 m VV nebo HH
Global Monitoring Mode (GM)	prost. rozlišení 1000 m HH nebo VV
Wave Mode (WV)	Snímek od 10 x 5 km do 5 x 5 km v pravidelných intervalech podél trasy letu monitoring oceánů

RADARSAT 1 a 2



Subpolární oběžná dráha, průměrná výška 798 km, inklinace 98,6 stupňů, cyklus 24 dní, prostorové rozlišení R1 8-100m, R2 3-100m,

Může pořizovat obrazové záznamy polárních oblastí denně a záznamy oblastí mírných šířek každé tři dny.

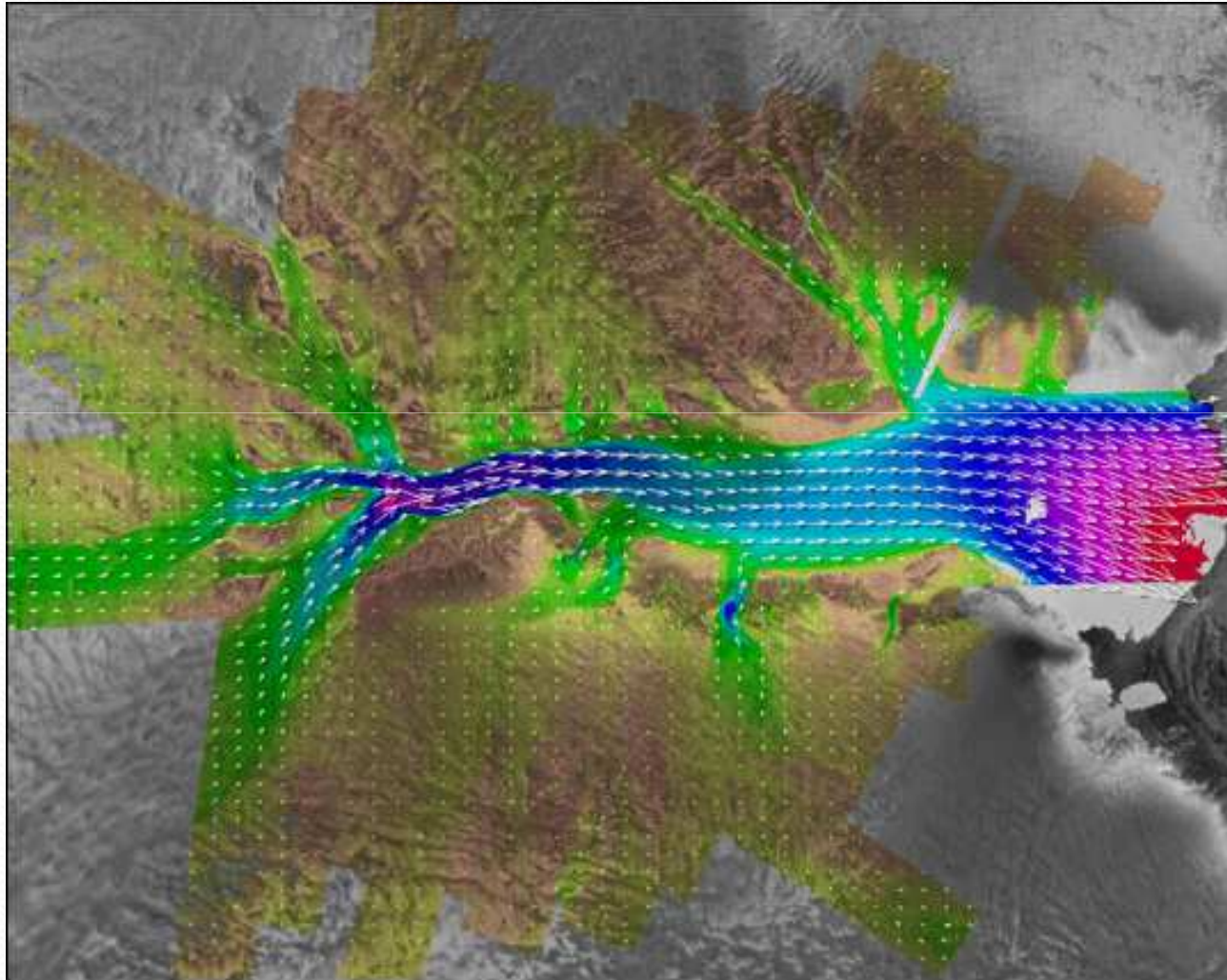
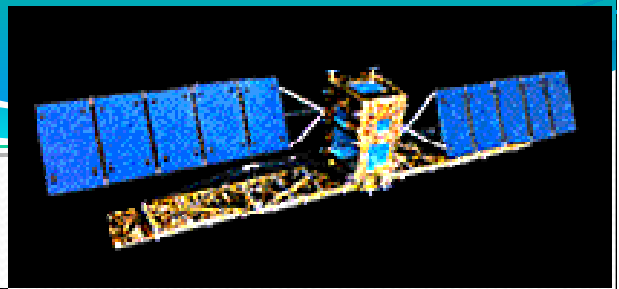
R1 - SAR pracující v C pásmu (5,6 cm) s HH polarizací. R2 vylepšený quad-pol (HH, VV, HV, VH)

System může pracovat v několika režimech s různou šířkou záběru (od 45 do 510 km), s různým obrazovým úhlem (10 až 60 stupňů) a různou prostorovou rozlišovací schopností. Může vytvářet stereoskopické dvojice.

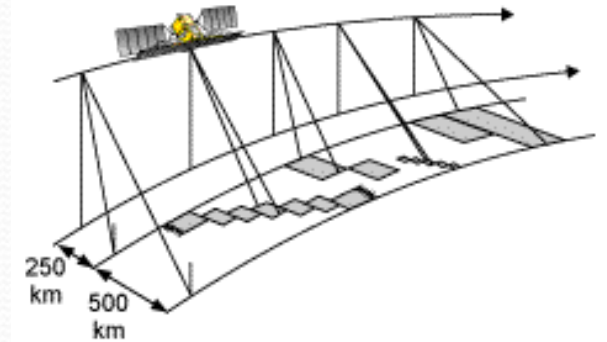
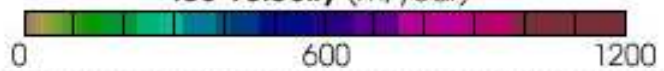
Aplikace: identifikace ledu, mapování druhů povrchů (land cover), monitorování nebezpečných jevů (povodně), lesnictví a zemědělství.

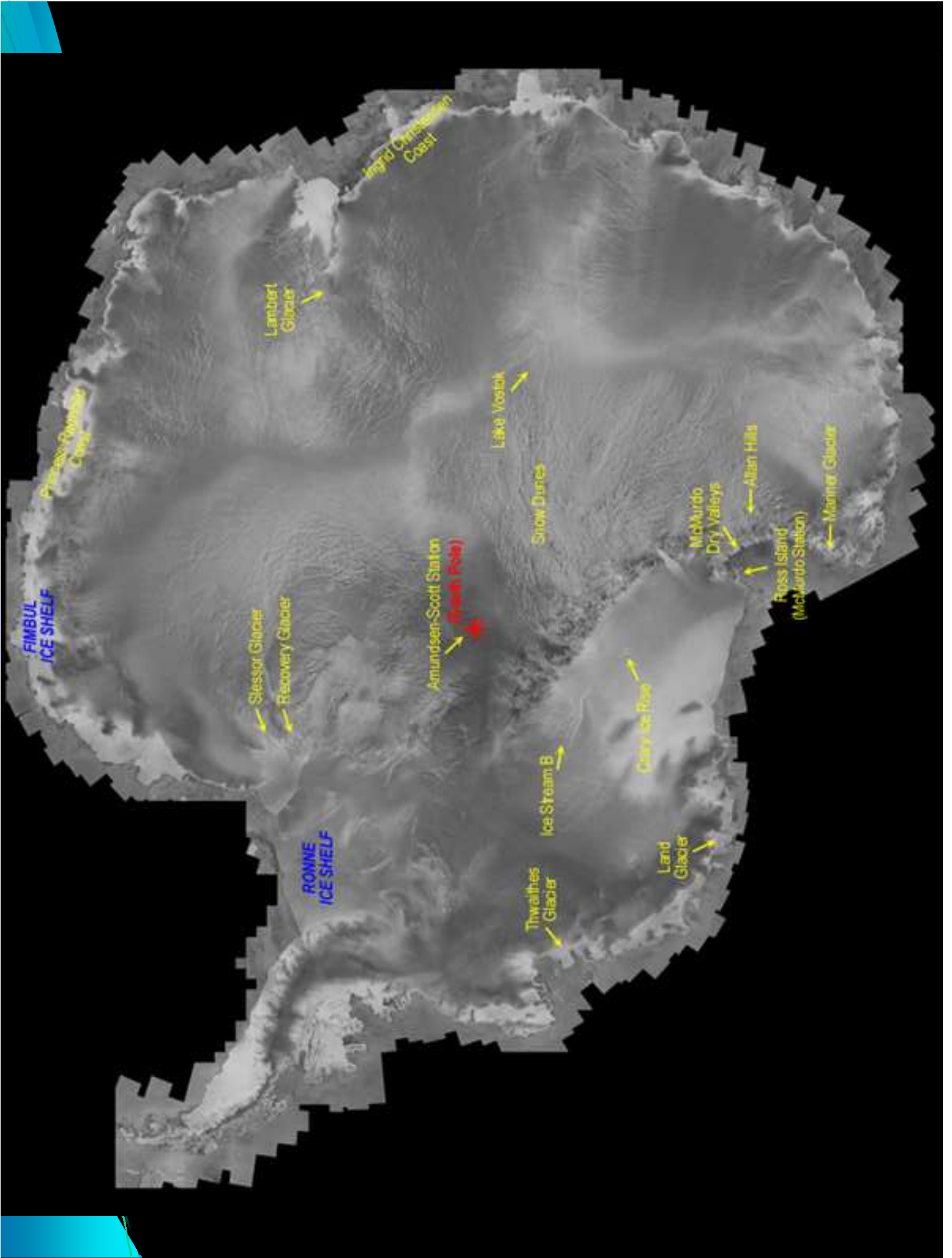
2013 konec R1, 2016-2018 se plánuje R3-R4

RADARSAT



Ice Velocity (m/year)





Mapování polárních oblastí



ADMIRALTY BAY KING GEORGE ISLAND

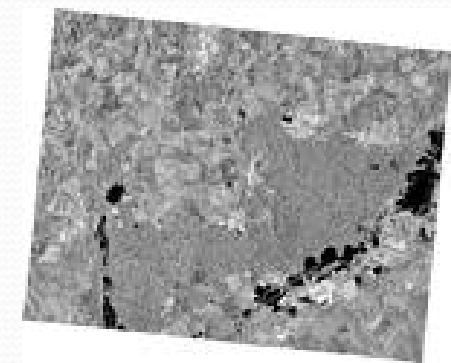
Satellite Map from RADARSAT Image
acquired 11th March 1999
Standard mode



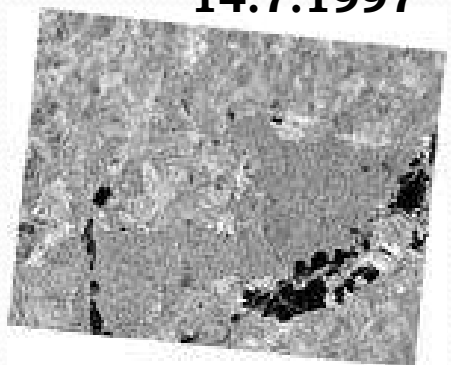
0 2 4 6 8 Km

A horizontal scale bar with alternating black and white segments, marked with the numbers 0, 2, 4, 6, and 8, followed by the unit 'Km'.

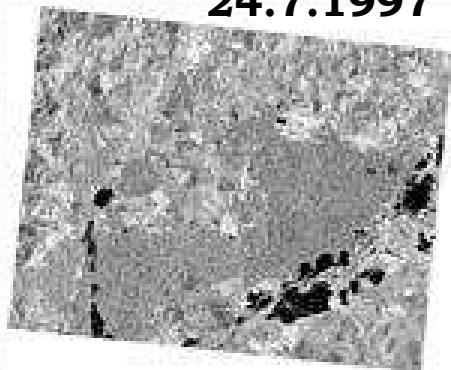
Mapování rozsahu povodní



14.7.1997

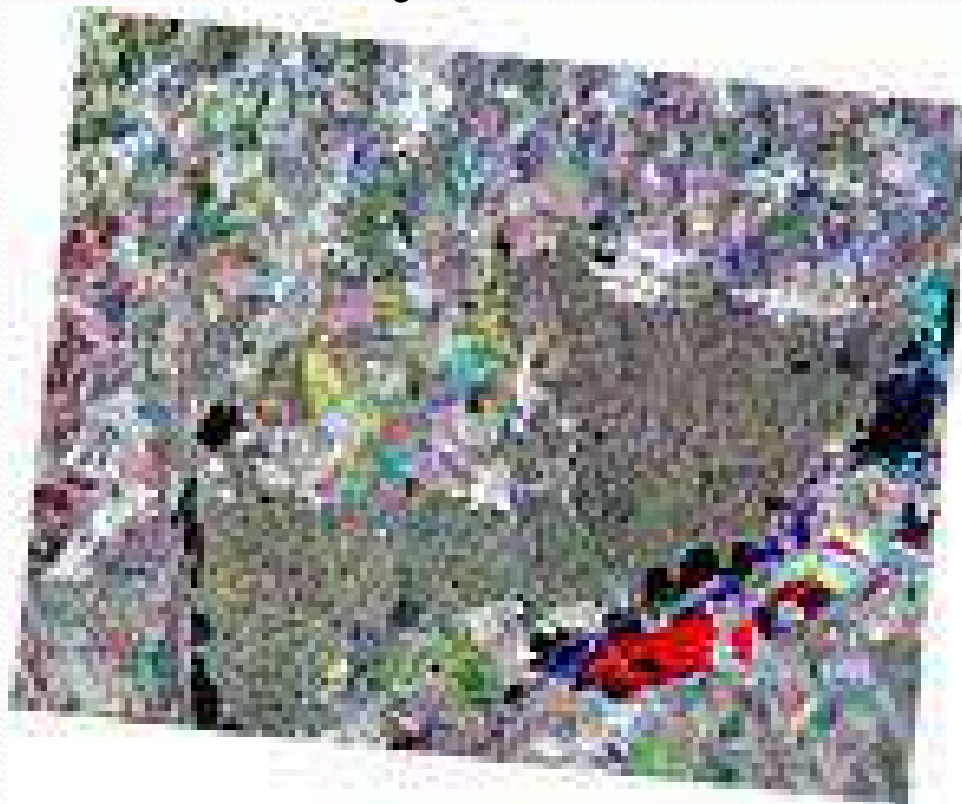


24.7.1997



27.7.1997

**Barevná syntéza ze tří
časových horizontů**



Morava, červenec 1997

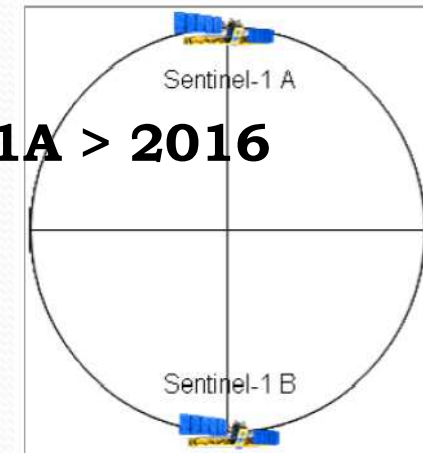
**snímky z družice
RADARSAT**

SENTINEL-1A a SENTINEL-1B

- Sentinel 1A * duben 2014
- Sentinel 1B bude vyslán 18 měsíců po Sentinel-1A > 2016
- stejná relativní oběžná dráha - posun o 180°
- dráha blízká polární, slunečně synchronní
- hlavní mód snímání o polarizaci VV a VH
- možnost quad-polarizace
- prostorové rozlišení od 5 do 10 m
- repeat (orbit) cycle 12 dní

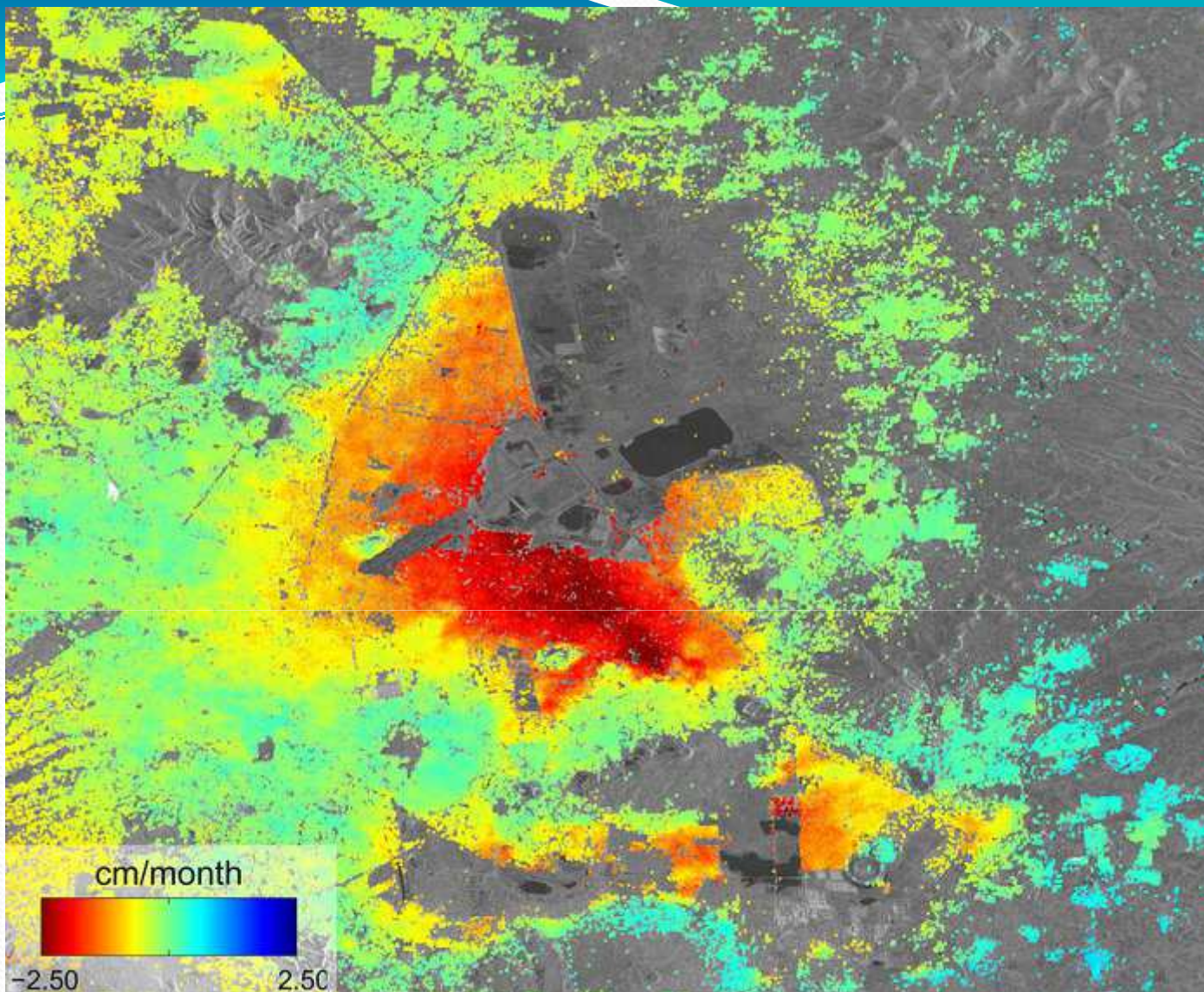
A+B

- denní pokrytí mezi +45°N a -45°S
- interferometrie
 - interval globálního pokrytí max. 14 dní



*Konstelace Sentinel-1A a 1B
ESA: Sentinel-1 User Handbook*





Data z družice Sentinel 1A 2.10. – 2.12.2014, pohyb povrchu v důsledku čerpání podzemních vod, Mexico City

zdroj:

http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2014/12/Mexico_City_subsidence

Zdroje dat



Bezplatně

- Evropská kosmická agentura (ESA) - řada satelitů i leteckých kampaní, přes vyhledávač **EOLI-SA**
<http://earth.esa.int/EOLi/EOLi.html>
- ESA - **Sentinel Data HUB** - <https://scihub.esa.int/>
- Národní úřad pro letectví a kosmonautiku (NASA) – **Earth Explorer**
<http://earthexplorer.usgs.gov/>
- občasné akce, kdy bývají zdarma i jinak drahá data (TSX od DLR, Radarsat od CSA)

Komerční poskytovatelé (většinou slevy na vědecké účely)

- Německá **DLR** – TerraSAR-X, TanDEM-X, plánovaný TanDEM-L
<http://www.dlr.de/>
- Kanadská **CSA** – Radarsat 1 <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat1/> a Radarsat 2 <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat2/>
- Italská **ASI** – satelity Cosmo-SkyMED <http://www.cosmo-skymed.it/en/index.htm>